

Aus der Augenklinik der Universität Marburg
Direktor: Professor Dr. Dr. h.c. W. Straub

DIE GESCHICHTE DES AUGENSPIEGELS

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin

dem Fachbereich Humanmedizin der

Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

HANS JOACHIM DIDION

aus Marburg

Marburg 1977

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg

Aus der Augenklinik der Universität Marburg
Direktor: Professor Dr. Dr. h.c. W. Straub

DIE GESCHICHTE DES AUGENSPIEGELS

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin

dem Fachbereich Humanmedizin der

Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

HANS JOACHIM DIDION

aus Marburg

Marburg 1977

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg



Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 19.8.1977

gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr. med. F. Neurath

Referent: Prof. Dr. med. Dr. med. h. c. W. Straub

Correferent: Prof. Dr. med. L. Welge-Lüssen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1.1 Einleitung	1
1.2 Beobachtungen vor der Erfindung des Augenspiegels	2
1.3 Die Erfindung des Augenspiegels	5
1.4 Das Prinzip des Augenspiegels	9
1.5 Der erste Augenspiegel	11
1.6 Gang der Untersuchung	12
2. Geräte zum Spiegeln im aufrechten Bild	15
2.1 Aufrecht monokular	15
2.2 Aufrecht binokular	30
3. Geräte zum Spiegeln im umgekehrten Bild	38
3.1 Umgekehrt monokular	38
3.2 Umgekehrt binokular	47
4. Spezielle Entwicklungen	54
4.1 Die reflexfreie Ophthalmoskopie	54
4.2 Ophthalmochromoskopie	69
4.3 Autoophthalmoskopie	77
5. Zusammenfassung	82
6. Literaturverzeichnis	85



Digitized by the Internet Archive
in 2026

1.1 Einleitung

Bis zum heutigen Tag ist eine nahezu unübersehbare Fülle von Augenspiegeln vorgestellt worden. LANDOLT zählte 1880 fünfzig verschiedene Modelle, 1904 waren es über hundert und 1920 mehr als zweihundert. Vielfach unterscheiden sich die einzelnen Geräte nur in geringen Details. Grundsätzlich lassen sich aber alle auf das Prinzip HELMHOLTZ' zurückführen. In einem Teil der Fälle war es nicht möglich, eine genaue Beschreibung im Originaltext zu erhalten. Es sind dies meist länger zurückliegende ausländische Veröffentlichungen, bei denen aus den oft sehr spärlichen Angaben nicht hervorging, ob es sich um ein direktes oder indirektes Ophthalmoskop handelte. Um nichts Falsches auszusagen, haben wir auf die Wiedergabe dieser unwichtigen Geräte verzichtet.

Die Untersuchung des Augenhintergrundes ist bis in die neuste Zeit ein Fundament der Augenheilkunde geblieben. Selbstverständlich äußern sich die Fortschritte der Technik auch in der Entwicklung neuer Ophthalmoskope, die nach verschiedenen Grundsätzen konzipiert sind, die jeweils unterschiedliche Aufgaben haben. Zum Teil sind dies recht komplizierte Erfindungen, die keinen Platz in der Allgemeinpraxis finden, in der Klinik aber eine wichtige Funktion erfüllen.

1.2 Beobachtungen vor der Erfindung des Augenspiegels

Im engeren Sinne umfaßt die Ophthalmoskopie die Untersuchung des Augenhintergrundes mit dem Augenspiegel. Vor dessen Erfindung verstand man darunter die Diagnostik der Krankheiten besonders des vorderen Augenabschnittes auf objektivem Wege (JÜNGKEN). Dies geschah mit unbewaffnetem Auge unter Zuhilfenahme einer Lupe. Als Beleuchtung diente das Tageslicht. Wenn dieses nicht ausreichte, nahm man einen kleinen Spiegel, der ein stärkeres Licht auf den zu untersuchenden Teil des Auges reflektieren ließ. Mit dieser Methode war es höchstens möglich, bis zum Glaskörper vorzudringen und eventuell vorhandene Trübungen zu erkennen. Der Augenhintergrund selbst blieb jedoch in Dunkel gehüllt. Bei manchen Autoren wird lediglich erwähnt, daß nach Einfall der Lichtstrahlen ins Auge durch Reflexion derselben ein rötliches Leuchten in der Tiefe des Auges zu bemerken sei.

Das Augenleuchten (Aufleuchten der Pupille) war bereits in der Antike bekannt. PLINIUS major (+79 n. Chr.) schreibt: "Die Augen der Nachttiere, z.B. der Katzen, blitzen und strahlen in der Finsternis, so daß man sie nicht ansehen kann; auch die der Ziege und des Wolfes glänzen und senden Licht aus. Die des Seekalbes und der Hyäne wechseln öfters nacheinander in tausend Farben" (ESSER). v. HASELBERG vermutet die ersten Andeutungen hierüber sogar bei ARISTOTELES (389-322 v. Chr.) oder noch früher. An Theorien über das Augenleuchten oder die Schwärze der Pupille hat es nicht gefehlt. Schon römische Schriftsteller haben sich mit diesem Problem befaßt. Einmal nahmen sie an, daß das Auge mit einer schwarzen Flüssigkeit gefüllt sei, zum anderen meinte man die Pupillenschwärze durch die Tiefe der Augenhöhle erklären zu können. Im 17. Jahrhundert glaubte BILLO, daß ein Auge, welches kein Licht erhalte, auch keines aussende. Eine weitere Auslegung ging dahin, daß das Pigment der Aderhaut das Licht vollständig absorbiere. Es komme nicht mehr aus dem Auge heraus, da es in eine andere

Kraft umgewandelt werde.

Interessant ist, daß aus dem Jahre 1674 eine Abbildung über das Augenleuchten der Tiere existiert, auf der der Kopf des Beobachters, die Lichtquelle und die leuchtenden Tieraugen auf einer Geraden abgebildet sind (Abb. 1). Der Kupfer-



Abb. 1: Darstellung des Augenleuchtens (1674) (nach v. HASELBERG).

stecher hielt zweifellos in diesem Bilde eine Spukerscheinung des Kardinals Crescentius fest, und es läßt sich wohl nicht mehr nachprüfen, ob er gewollt in seiner Darstellung die beste Anordnung skizzierte, in der das Augenleuchten zu beobachten ist (v. HASELBERG).

Die ersten wissenschaftlich zu nennenden Versuche, das Augenleuchten künstlich herzustellen, machte MERY im Jahre 1704. Er hielt Katzenaugen unter Wasser und sah deren Netzhaut aufleuchten. 1709 gab LA HIRE die Erklärung für dieses Phänomen. Taucht man nämlich die Augen unter Wasser, so wird

die Brechkraft der Hornhaut ausgeschaltet. Dadurch treten die Strahlen vom Fundus nicht parallel, sondern divergent aus und können so vom Betrachter wahrgenommen werden, ohne daß dieser das austretende Licht verdeckt.

Spontanes Augenleuchten beim Albino, bei bestimmter Form von Blindheit und bei Gliom oder Pseudogliom bemerkten DUDELL (1735), RICHTER (1790) und BEHR, der den Terminus "amaurotisches Katzenauge" prägte (SORSBY).

PRÉVOST stellte um 1810 in Genf fest, daß das Augenleuchten der Tiere im Dunkeln nicht existiert (THEOBALD). Es kamen in der Folgezeit Theorien auf, die es auf eine Art Phosphoreszieren zurückführten, daß es durch tagsüber absorbiertes Licht entstünde oder aber einer inneren Aktivität ähnlich wie beim Leuchtkäfer entstamme (SORSBY).

1821 kam RUDOLPHI der Wahrheit einen Schritt näher, indem er zeigte, daß man in eine bestimmte Richtung sehen müsse, um ein Augenleuchten zu bemerken (THEOBALD).

PURKINJES Beobachtung (1823), daß ein menschliches Auge unter gewissen Bedingungen zum Leuchten gebracht werden könne, wurde nicht beachtet. CRZELLITZER behauptet sogar, daß PURKINJE als erster gespiegelt habe.

1839 bemerkte BEHR bei einem Patienten mit Irideremia, daß man in eine Richtung parallel zu den einfallenden Strahlen blicken müsse, um das Leuchten wahrzunehmen (THEOBALD).

KUSSMAUL, dem die Versuche von MERY und LA HIRE bekannt waren, legte 1845 eine der Hornhautrefraktion entsprechende plankonkave Linse auf das Auge in der Hoffnung, den Sehnerv zu sehen. Da er Fehler bei der Beleuchtung machte, mißlang das Experiment (SORSBY).

Später erst fanden unabhängig voneinander CUMMING (1846) und BRÜCKE (1847), Physiologieprofessor in Wien, der die Augen seines Freundes DU BOIS-REYMOND untersuchte, daß ein menschliches Auge leuchten könne, wenn man in der Richtung der einfallenden Lichtstrahlen in dasselbe blickt; ferner v. ERLACH, wenn das von seinen Brillengläsern reflektierte

Licht in das untersuchte Auge fiel. CHANCE hält es für möglich, daß BRÜCKE die Erfindung des Augenspiegels gelungen wäre, wenn er seine Beobachtung weiter durchdacht hätte. CUMMING erkannte richtig, daß der Leuchtschimmer von der Netzhaut kam, später wurde er überzeugt, daß dort, wo sich das Augenleuchten nicht hervorrufen läßt, ein pathologischer Zustand vorliegen müsse (THEOBALD). Als junger Wundarzt am Royal London Ophthalmic Hospital hatte er die Idee eines Instrumentes, um in das Augeninnere hineinzusehen. Über seine Experimente ist nichts Näheres bekannt, sie lagen aber ohne Zweifel auf dem Wege zur Erfindung des Ophthalmoskopes. Er hat jedoch weder den Sehnerv noch sonstige Funduseinzelheiten gesehen.

BABBAGE (1847) kannte wie seine Vorgänger die Voraussetzungen und konstruierte tatsächlich ein Modell zur Untersuchung des Augeninnern. Sein Instrument bestand aus einem geschwärzten Tubus, der am Beobachterende seitlich eine Öffnung hatte, um das Licht auf einen schräggestellten, versilberten und im Zentrum vom Belag befreiten Planspiegel fallen zu lassen. Das distale Ende wurde an die Orbita des Patienten gesetzt. So konnte man nur emmetrope und hyperope Augen untersuchen. Für myope Augen wurde ein Konkavglas benutzt (CHANCE). Eine Abbildung des Gerätes ist in der durchgesehenen Literatur nicht zu finden. BABBAGE hat das Gerät JONES, einem Augenchirurgen, gezeigt. Er erkannte jedoch, ebenso wie BABBAGE, die eminente Bedeutung dieser Erfindung nicht (CHANCE). Sie blieb leider unbeachtet bis zur Wiederentdeckung der Prinzipien zur Netzhautbeleuchtung durch HELMHOLTZ. Niemand schien interessiert, und so war die Priorität für die Briten eigentlich verloren (SCHWEITZER).

1.3 Die Erfindung des Augenspiegels

Hermann Ludwig Ferdinand von HELMHOLTZ (1821-1894) war der erste, der die notwendigen physikalischen Bedingungen für

das Aufleuchten der Pupille theoretisch richtig erkannte und dann praktisch ein Gerät konstruierte, um in das erleuchtete



Abb. 2: H. v. HELMHOLTZ im Jahre 1848 (nach COMBERG).

auge hineinzusehen (Abb. 2). Er schreibt: "Ich selbst bin, soviel ich finde, der erste gewesen, welcher sich den Zusammenhang zwischen den Richtungen der einfallenden und ausgehenden Strahlen klar machte, den wahren Grund für die Schwärze der Pupille und dadurch auch das Prinzip für die Konstruktion des Augenspiegels fand" (ESSER). HELMHOLTZ erhebt in diesem Satz den Prioritätsanspruch auf theoretische und praktische Erfindung des Augenspiegels. Er bekam die Idee hierzu bei den Vorbereitungen für das Winterkolleg 1850/51, in dem er über "Die Physiologie der Sinne und der Generation" sprach. Am 17.12.1850 schrieb er, neunundzwanzigjährig, an seinen Vater: "Außerdem habe ich aber bei Gelegenheit meiner Vorträge über Physiologie der Sinnesorgane eine Erfindung gemacht, welche möglicher Weise für die Augenheilkunde von dem allerbedeutendsten Nutzen sein kann" (ENGELKING) (Abb. 3). Die Ei-

Entschloß der Herrschaffungen sehr ist es nicht möglich
kann werden. Hoffentlich, sondern die Zeit mit dem,
jedenfalls meine Augen, und ich die Vermuthung für
gebracht. Außerdem sehr ist aber die Gelegenheit meines
Vortrags über Hypothese der Nervenzellen eine sehr
genau, welche möglichste Klarheit für die Augenspiegelkunde
von den aller bedeutendsten Nutzen sein kann. Sie hat
eigentlich so auf der Hand, erfordert weniger Kenntnisse,
nicht, als auch ist auf dem Grunde von Optik gelernt
haben, daß es mir sehr leicht möglich erscheint, wie auch
Licht sehr ist selbst so einmündig sein können, so nicht
zu finden. Es ist natürlich eine Darstellung von Gläsern,
welche es möglich wird den Dicken Erfindungen des
Auges sehr die Fülle finden und ist es.

Abb. 3: Ausschnitt aus dem Brief HELMHOLTZ' an seinen Vater vom 17.12.1850. Mitteilung über die Erfindung des Augenspiegels (nach ENGELKING).

gentumsproklamation erfolgte am 6.12.1850 durch DU BOIS-REYMOND, einen seiner Freunde, in der Sitzung der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. Der Verbleib des von diesem benutzten Manuskriptes konnte bisher nicht ergründet werden. ESSER bestimmte den 6.12.1850 als einen Freitag. In dem zitierten Brief an seinen Vater berichtet HELMHOLTZ, daß er ein Instrument arbeiten lasse, das besser und bequemer als die bisherigen Pappklebereien sei. Außerdem wolle er eine Veröffentlichung seiner Erfindung herausgeben. Das sollte in Vierordts "Archiv für physiologische Heilkunde" geschehen. Im Oktober 1851 bringt HELMHOLTZ bei der A. Förstner'schen Verlagsbuchhandlung seine berühmt gewordene Monographie "Beschreibung eines Augenspiegels zur Untersuchung der Netzhaut im lebenden Auge" heraus (Abb. 4). Er demonstrierte den

Augenspiegel zum ersten Mal öffentlich am 11.11.1851 in dem gerade gegründeten "Verein für wissenschaftliche Heilkunde" in Königsberg. Obwohl viele Kollegen seiner Erfindung mit Skepsis begegneten, lagen bereits am 16.12.1851 achtzehn Bestellungen für sein neues Ophthalmoskop vor (LEVY). Als größte Anerkennung für seine Verdienste durch Förderung der Ophthalmologie wurde HELMHOLTZ 1886 in Heidelberg als erstem die "Graefe-Medaille" überreicht (COMBERG).

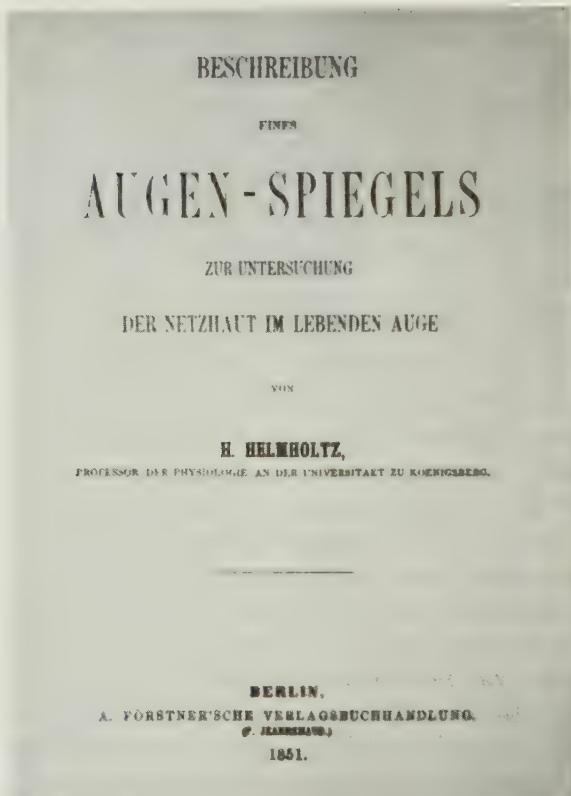


Abb. 4: Titelblatt der ersten Arbeit von HELMHOLTZ über den Augenspiegel (nach ENGELKING).

1.4 Das Prinzip des Augenspiegels

Die Ursache der Schwärze des Auges hinter der Pupille fand HELMHOLTZ in der Brechung des Lichtes in den Augenmedien. In seiner zitierten Arbeit legte er logisch dar, daß man, um den Augenhintergrund zu sehen, mittels geeigneter Vorrichtungen Licht durch die Pupille in das Auge werfen und die von demselben reflektierten Strahlen im Beobachterauge auffangen und zu einem scharfen Bild vereinigen muß. Dabei ließ er sich von folgender Überlegung leiten: wenn Licht von einem leuchtenden Punkt auf ein entsprechend akkomodiertes emmetropes Auge fällt, dann werden alle von jenem Punkt einfallenden Lichtstrahlen auch auf einem einzigen Punkt auf der Netzhaut konzentriert. Die größere Lichtmenge wird vom Fundus absorbiert, der übrige Teil wird reflektiert und geht durch die Pupille wieder hinaus, also auf demselben Wege zur Lichtquelle zurück. Somit muß alles einfallende Licht, das zurückgeworfen wird, nur nach seinem Ausgangspunkt zurückgehen, kann aber keine andere Richtung einschlagen. Daraus schloß HELMHOLTZ, daß wir nichts von der beleuchteten Stelle der Netzhaut sehen können, da wir unser Auge nicht in die Richtung des reflektierten Lichtes zu bringen vermögen, ohne gleichzeitig das einfallende Licht völlig abzudecken. Diese Erkenntnis gab die Grundlage zur Erfindung des Augenspiegels. Es mußte eine Methode gefunden werden, die es ermöglicht, in Richtung der einfallenden Strahlen ins Auge hineinzusehen. Schon ERLACH und BRÜCKE machten ja eine Beobachtung, die geeignet war, das Problem zu lösen. Hier wirkten die Brillengläser als Beleuchtungsspiegel, und durch diese sah der Betrachter die beleuchtete Netzhaut des beobachteten Auges. HELMHOLTZ ersetzte nun bei seiner Versuchsanordnung die Brillengläser durch gut geschliffene ebene Gläser.

Er stellte in einem verdunkelten Zimmer eine Glasplatte schräg vor das zu untersuchende Auge. Seitlich davon befand sich eine Lichtquelle. Das auf die Spiegelplatte fallende Licht wird nun z.T. an der Oberfläche reflektiert und durch

die Pupille in das zu untersuchende Auge geworfen. Auf der Netzhaut entsteht ein verkleinertes umgekehrtes Bild. Die vom Augenhintergrund reflektierten Strahlen kehren wieder zur Glasplatte zurück. Ein Teil von ihnen wird zur Lichtquelle abgelenkt, ein anderer geht durch die Platte hindurch in das Auge des Beobachters, wo die Strahlen auf der Netzhaut zu einem scharfen Bild vereinigt werden (Abb. 5).

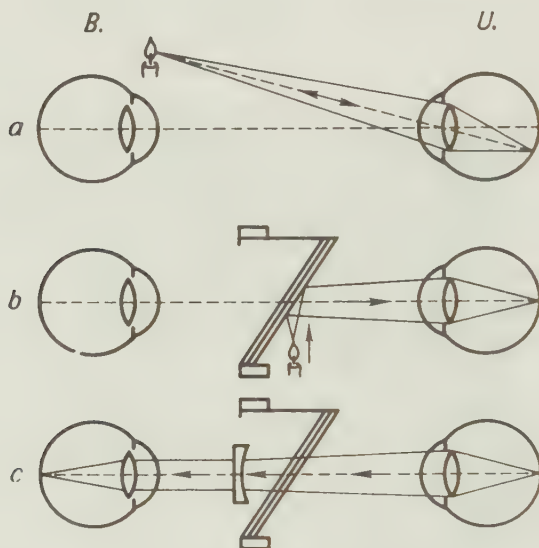


Abb. 5: Prinzip der Netzhautbeleuchtung durch HELMHOLTZ.

- a) Die beobachtete Pupille erscheint schwarz.
- b) Die Glasplatten reflektieren das Licht in das untersuchte Auge.
- c) Ein Konkavglas ermöglicht scharfes Einstellen des erhaltenen Netzhautbildes, wenn der Untersuchte auf das Spiegelbild der Lichtquelle akkomodiert (nach HEYDENREICH).

Nach diesem Prinzip baute HELMHOLTZ ein Instrument, dem er den Namen Augenspiegel gab. Alle jemals entwickelten Nachfolgemodelle bauen auf dieser Grundidee auf, unabhängig von der Kompliziertheit oder Einfachheit ihrer Konstruktion.

Der kuriosität wegen sei aus ZEILLERS "Handbuch von al-

lerlei nützlichen Erfindungen", Ausgabe von 1655, ein interessanter "Vorläufer" des Augenspiegels erwähnt. Der Augsburger Optikus Johann Wiesel hat ein "Optische Werck ausgefertigt", "...so er Ophthalmoscopium nennet, mit welchem eine jedwedere Person sehen mag, was zu innerst in seinen Augen verborgen, auch wenn sich andere beschwerliche Zustände ereignen; wie dann derselben mannichfaltig, als da seynd ansetzende Staaren, item allerhand vor den Augen schwebende Mücklein, Feuerflämlein, Streimlein, so nach der länge runde Kugeln, von innen holl, aneinander hangen, gesehen werden; so kann man alles durch dieses Instrument, innwendig an den Augen, so deutlich sehen, als ob solche Augen auff einem Papier vor seine Augen abgemalet weren. Derowegen es bey manchem wol gut, welcher solche Beschwerde empfindet, daß er sich solchen Wercks öftters gebrauchet. Dann er damit kan sehen, was vor ein Staar von Farben sich ansetzet und noch bey Zeiten Rath schaffen könnte" (JEZEWSKI). Eine Konstruktionsbeschreibung des Gerätes oder eine Abbildung davon werden nicht gebracht, auch keine Notiz, ob der Erfinder gar den Augenhintergrund gesehen hat.

1.5 Der erste Augenspiegel

Die spiegelnden Glasplatten sind mittels eines Messingstückes unter einem Winkel von 56° auf einer runden Platte befestigt. So entsteht ein dreiseitiges Prisma, dessen nicht spiegelnde Flächen gut geschwärzt waren. Die kürzere Kathetenseite des Prismas ist mit einem kreisrund durchbohrten zylindrischen Fortsatz um ihre Achse drehbar auf der runden Scheibe angebracht. Ein mit Schrauben an dem Messingstück zu befestigendes Rähmchen fixiert die Glasplatten. Durch eine Art Bajonettverschluß kann die Scheibe mit dem Spiegelkästchen von dem dahinterliegenden Metallzylinder entfernt, bzw. daran befestigt werden, um das zwischen beiden liegende Konkavglas auswechseln zu können. Das ganze Gerät ist an einem Handgriff montiert und hat eine Größe von etwa 15 cm (Abb. 6). Bei dem angegebenen Instrument wurden besonders exakt geschliffene planparallele Gläser verwendet, um die entworfenen Flammenbildchen möglichst präzise zur Deckung zu bringen. Wie noch genauer aufgezeigt wird, tragen die Glasplatten durch Polarisierung bereits zur Minderung von Reflexen wäh-

rend der Untersuchung bei, eine Methode, an der sich später viele Autoren versucht haben.

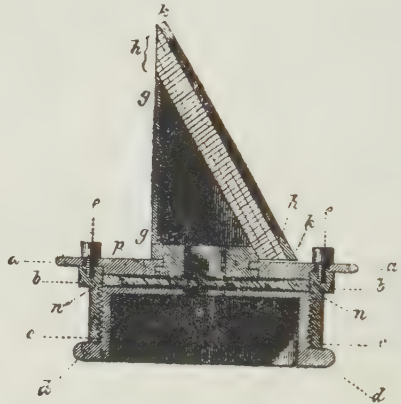


Abb. 6a: (links) HELMHOLTZ' Zeichnung seines Augenspiegels aus der Originalarbeit.

Abb. 6b: (oben) Vergrößerter Ausschnitt aus Abb. 6a. Schnitt durch den Augenspiegel.

1.6 Gang der Untersuchung

Ursprünglich wurde die Untersuchung in einem völlig verdunkelten Zimmer vorgenommen. Der Patient saß neben der Ecke eines Tisches, auf dem seitlich in seiner Augenhöhe eine möglichst helle Lichtquelle stand. Zwischen untersuchtem Auge

und Lampe befand sich meist ein undurchsichtiger Schirm, um das Auge vor direkt einfallendem Licht zu beschatten, was Blendung und störende Hornhautreflexe vermeiden sollte. Der Untersucher saß dicht vor dem Patienten und warf mittels der Glasplatten des Augenspiegels das Licht der Lampe auf das Patientenauge. Er blickte durch die Zentralöffnung der runden Metallscheibe und gleichzeitig die Spiegelplatten und sah die Netzhaut des Patienten rötlich aufleuchten. Die Schärfe des Netzhautbildes ließ sich durch Wahl des passenden Konkavglases und richtigen Akkomodationszustand des Untersucherauges herstellen. Die Untersuchung selbst erforderte viel Übung (Abb. 7).



Abb. 7: Noch heute gültige Untersuchungstechnik im umgekehrten Bild (um 1860) (nach ZANDER).

Durch die Erfindung des Augenspiegels erlebte die Augenheilkunde einen ungeheuren Aufschwung. Der Begründer der modernen Ophthalmologie, Albrecht von GRAEFE, rief begeistert aus, als er zum ersten Mal eine Netzhaut am Lebenden sah: "Helmholtz hat uns eine neue Welt erschlossen!" (GRAEFE). Endlich kam Licht in die dunklen krankhaften Zustände des Augeninnern, und die mannigfaltigen Ursachen des sogenannten

schwarzen Stares konnten geklärt werden. Eine Optikusneuritis wurde als Erblindungsursache erkannt, ebenso die Veränderungen des Glaukoms. Die Amaurose, ein Zustand, der dadurch definiert war, daß der Arzt und der Patient nichts sahen, hatte in dieser Auslegung aufgehört zu existieren (SORSBY). Auch andere Fächer der Medizin haben von der neuen Untersuchungsmethode profitiert, da ja viele Allgemeinkrankheiten am Augenhintergrund spezifische Veränderungen hervorrufen. Nebenbei sei bemerkt, daß das Prinzip des Augenspiegels den Grundstein für alle in der Medizin gebräuchlichen Endoskope gelegt hat.

HUETE lernte von HELMHOLTZ das Augenspiegeln, er führte 1852 den durchbohrten Konkavspiegel als Reflektor ein und konstruierte den ersten Apparat zur Beobachtung im umgekehrten Bild. Hierauf basierte die zweite Arbeit von HELMHOLTZ (1852), in der er die Beziehungen vom aufrechten zum umgekehrten Bild darstellte und auch die Anregung zur einfachsten überhaupt denkbaren Form der Fundusbesichtigung gab: mit frei von Hand geführter Konvexlinse mit oder ohne durchbohrten Konkavspiegel. Es wird hier bereits im Gegensatz zur ursprünglichen "Polarisationsmethode" die heute bei den elektrischen Spiegeln allgemein übliche sogenannte "geometrische Methode" zur Reflexminderung gezeigt, bei der eine räumliche Trennung des Beobachterstrahlenganges vom Beleuchtungssystem stattfindet. Die beiden HELMHOLTZschen Arbeiten erleuchteten eigentlich schon alle wesentlichen Probleme, die mit dem Augenspiegel zusammenhängen (ENGELKING). Nachdem COCCIIUS 1853 den durchbohrten Planspiegel empfahl, waren bereits in den ersten beiden Jahren nach Erfindung des Augenspiegels die gesamten Grundlagen der Ophthalmoskopie gelegt (DUKE-ELDER).

2. Geräte zum Spiegeln im aufrechten Bild

2.1 Aufrecht monokular

Zum monokularen Spiegeln im aufrechten Bild benutzt man heute allgemein die elektrischen Handaugenspiegel. Bei ihnen ist die Lichtquelle als elektrische Glühbirne im Instrument selbst eingebaut, so daß man sie unabhängig von einer anderen Beleuchtungsart gebrauchen kann. An den ersten Modellen saß die Glühbirne noch auf einem Rähmchen eines reflektierenden Spiegels, später wurden dann bessere Beleuchtungssysteme entwickelt. Die Augenspiegel können über einen Transformator ans Stromnetz angeschlossen oder mit einer Batterie betrieben werden. Dem Vorteil der einen, ohne feste Verbindung mit dem Stromnetz zu sein, steht der Nachteil ihrer Lichtschwäche von etwa 2,5 bis 4,5 W gegenüber. Die von einem Transformator gespeisten Geräte haben eine starke Helligkeit und leisten 5 bis 6 W. Der Weg der Entwicklung bis zur elektrischen Glühbirne ging über das Kerzen-, Rüböl-, Gas- und Auerlicht sowie den Kohlelichtbogen. Außer der Beleuchtungsoptik enthalten diese Ophthalmoskope noch die Beobachtungsoptik neben diversen Filter- und Blendensystemen. Die Beleuchtungsoptik soll bei kleinem Strahlendurchmesser in der Pupille einen großen Netzhautbereich gleichmäßig ausleuchten. Dazu muß das Bild der Lichtquelle oder einer engen Blende in der Pupille abgebildet werden. Unter fokaler Beleuchtung versteht man die scharfe Abbildung einer Lichtquelle oder eines Lichtspaltes auf der Netzhaut, im wesentlichen ein Verdienst COMBERGS (1930) (HEYDENREICH). Dies erreicht man bei einigen Handaugenspiegeln durch Vorschalten oder Verschieben einer Linse im Beleuchtungssystem. Man kann dann auch noch bei sehr enger Pupille untersuchen, wobei die normale Beleuchtung zu schwach wäre. Zudem lassen sich Niveauunterschiede der Netzhaut auf diese Weise messen.

Die Beobachtungsoptik besteht aus Plus- und Minuslinsen, die in einer oder zwei Rekoßscheiben vor das Untersucherauge

geschaltet werden können. Die Abstufungen erfolgen meist in Schritten von einer Dioptrie. Durch Zusatzlinsen von 10 und 20 dptr kann oft ein Bereich bis zu +50 dptr überstrichen werden, der für alle Untersuchungen ausreicht. Die Blenden und Filter sind in den einzelnen Augenspiegeln unterschiedlich. Verlangt wird als Grundausrüstung eine große und eine kleine Kreisblende, eine Strichblende und ein Rotfreifilter. In aufwendigeren Augenspiegeln sind zusätzlich weitere Farbfilter, Polarisationsfilter, Blenden mit Fixierzeichen, Testmarken, Strichplatten und Plangitter, die spezielle Untersuchungsarten, z.B. Mikrometrie oder Lokalisation auf der Netzhaut, erlauben. Ein Aufzählen sämtlicher Zusatzeinrichtungen der beschriebenen Augenspiegel würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Sie werden vorwiegend bei den Geräten erwähnt, bei denen sie zum ersten Mal Verwendung fanden oder bei Spiegeln, die in der Praxis eine größere Bedeutung erlangten.

In dieses Kapitel der direkt monokular zu benutzenden Augenspiegel gehören z.T. auch einige der Demonstrationsaugenspiegel für einen und mehrere Untersucher und solche Geräte, mit denen zusätzlich die Betrachtung im umgekehrten Bilde möglich ist, was aus vielen Beschreibungen nicht ohne weiteres ersichtlich war.



Abb. 8: Der älteste HELMHOLTZ-Augenspiegel aus dem Deutschen Museum, München (nach SAUTTER und RASSOW).

Den ältesten Augenspiegel von HELMHOLTZ, der im Deutschen Museum in München aufbewahrt wird, zeigt Abb. 8. Der Spiegel der Abb. 9, heute im Besitz der Universitäts-Augen-

klinik Heidelberg, ist bereits mit mehreren auswechselbaren Konkavlinsen ausgestattet.



Abb. 9: HELMHOLTZ-Spiegel mit auswechselbaren Konkavgläsern (nach VELHAGEN).

Als erste bedeutende Verbesserung brachte der Mechaniker REKOSS (1852) nach einem Vorschlag von BUROW am HELMHOLTZ-schen Gerät eine Scheibe mit vier wechselnd vorzuschaltenden Linsen an, um eigene oder Refraktionsanomalien des Patienten auszugleichen (COMBERG) (Abb. 10).

Weitere Pioniere waren RUETE (1852) und COCCIIUS (1853), die den durchbohrten Konkav- bzw. Planspiegel einführten (Abb. 11). RUETEs Spiegel hatte 40 mm Durchmesser und etwa 14 cm Brennweite, hinter ihm war eine Fassung für die nötigen

Korrektionsgläser. Wir finden hier bereits den Vorläufer aller Augenspiegel mit konkavem Beleuchtungsspiegel, der bis heute noch im Gebrauch ist, aber vorwiegend der Untersuchung im umgekehrten Bild dient.



Abb. 10: HELMHOLTZ-Augenspiegel mit Rekoßscheibe (1852) (nach ZANDER).

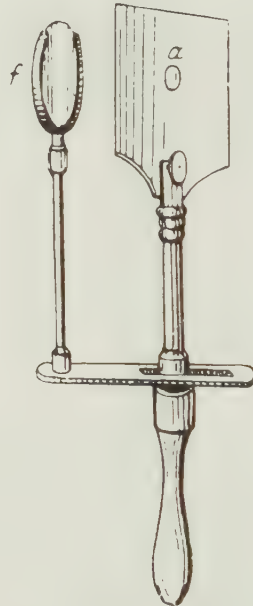


Abb. 11: Augenspiegel von COCCIUS (1853). a Planspiegel, f konvexe Beleuchtungslinse (nach ZANDER).

COCCIUS und auch ZEHENDER (1854) versuchten die Strahlen der Lichtquelle konvergent zu machen, um sie dann von einem schwach konvexen Spiegel wieder leicht zerstreut ins Patientenauge zu leiten (Abb. 12). Dadurch sollte zum Verstärken der Beleuchtung möglichst wenig Licht neben die Pupille fallen (VELHAGEN). In diese Zeit fallen schon die vielfältigen Experimente der Autoren mit verbesserten Beleuchtungsmethoden (z.B. die folierten heterozentrischen Linsen), da die

vorhandenen Lichtquellen den Wunsch nach brillanteren Fundusbildern schürten (v. PASAU, KLAUNIG, ZEHENDER, HASNER, BUROW u.a.).

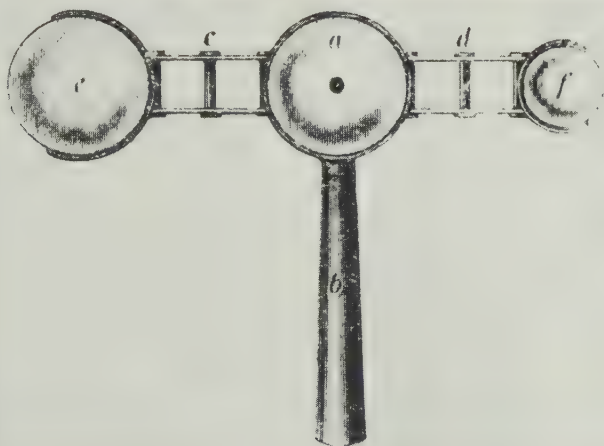


Abb. 12: Augenspiegel von ZEHENDER (1854)
(nach ZANDER).

ULRICH hatte schon Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlengang in einem Rohr mit Konkavspiegel vereinigt (VELHAGEN) (Abb. 13).

JAEGERS Augenspiegel (1854) stellte eine um ihre Achse drehbare Röhre dar, die am dem Patienten zugekehrten Ende im Winkel von 60° abgeschnitten war und hier den durchbohrten Konkav- oder Planspiegel enthielt (Abb. 14). Zwischen Beobachter- und Patientenauge war eine Blende eingeschaltet. Das größte Gerät dieser Art war mit 27 Hilfsgläsern ausgestattet (VELHAGEN). Nachteilig war nur die etwas große Untersuchungs-
distanz zwischen Arzt und Patient.

Ein Stativaugenspiegel, der ebenso wie die später entwickelten Apparate für mehrere Untersucher als Demonstrations-
augenspiegel dienen konnte, stammt von EPKENS (1854). Er wur-

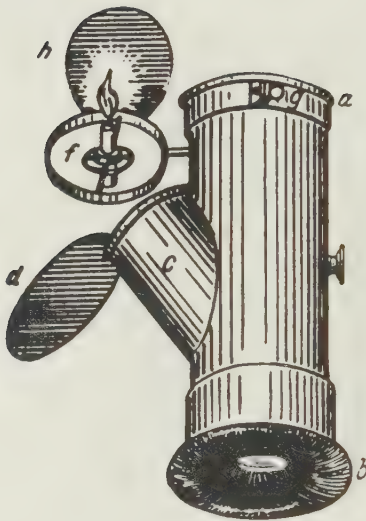


Abb. 13a: Augenspiegel von ULRICH (1853) (nach ZANDER).

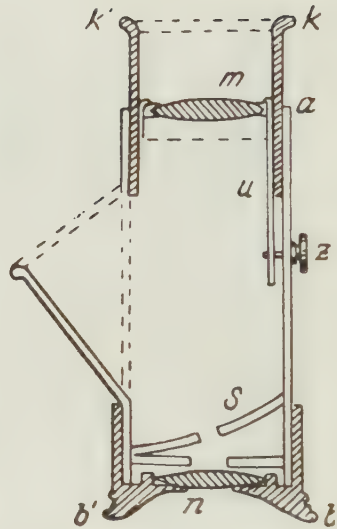


Abb. 13b: Schematischer Aufbau (nach ZANDER).



Abb. 14: Augenspiegel von JAEGER (1854) (nach ZANDER).

de von DONDERS und VAN TRIGT verbessert (Abb. 15). Das Unter-

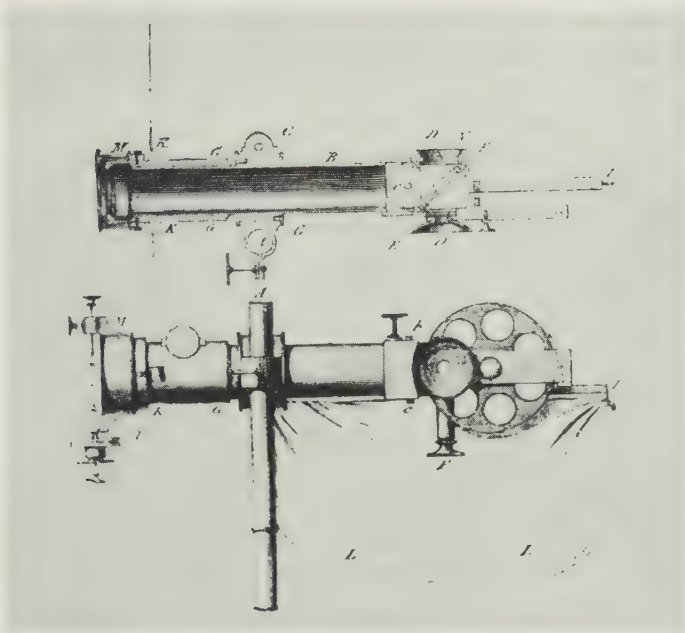


Abb. 15: Augenspiegel von EPKENS-DONDERS (1854)
(nach LANDOLT und LANGENHAN).

sucherauge befand sich bei O, das Patientenauge bei D. Die Rekoßscheibe enthielt sieben Gläser. Am Ende eines schwarzen Rohres brannte eine Lampe, deren Licht auf den Spiegel EE fiel. Zwei verstellbare Pfeile konnten zu Messungen auf dem Fundus abgebildet werden. Nachteilig war, daß der reichhaltig ausgestattete Augenspiegel "durch die für den Kranken einigermaßen schreckhafte Gestalt und Grösse und durch die Schwierigkeit seines Transports für den Hausgebrauch des praktischen Arztes nicht verwendbar" war (ZANDER).

Ein in der Praxis sehr gern benutzter Spiegel wurde von LIEBREICH (1860, 1863) erdacht. Es war ein durchbohrter Hohlspiegel, hinter den die Korrektionsgläser in eine Gabel gesteckt werden konnten. Das handliche Gerät hat sich mehrere Jahrzehnte großer Beliebtheit erfreut (LANDOLT u. LANGENHAN).

Es ist wohl ganz interessant, daß schon damals BUROW

(1867) Kompliziertheit und Preis einiger Augenspiegel kritisierte. Gerade auch Anfänger sollten seiner Meinung nach ja ebenfalls mit den Geräten gut zurechtkommen. Hierfür hielt er sein Instrument für sehr geeignet, "es ist nicht größer als ein preussisches Viergroschenstück, kostet 1 Thaler, mit Linse, Linsenhalter und Stiel 2 Thaler".

Dessen ungeachtet hielt die Entwicklungseuphorie an, und viele Autoren haben die diffizilsten Systeme mit oft mehreren Rekoßscheiben ersonnen. Der Sinn dieser manchmal gewaltigen Fülle von Gläsern lag einmal darin, die Refraktionsanomalie des Untersuchers zu korrigieren. Zum anderen wurden die Augenspiegel immer häufiger auch wie ein kleiner Phoropter am Patienten angewandt. So ist es schließlich zu dem Begriff des "Refraktionsaugenspiegels" gekommen. Auf die vielen "Ophthalmos-Skiaskope" soll hier nicht eingegangen werden.

Die Geräte von COHN (1873) und DE WECKER (1873, 1876) enthielten 24 Gläser in einer Rekoßscheibe.

Zwei Scheiben, die sich überschneiden, hatte der Spiegel von KNAPP (1874). Außer der Leeröffnung faßten sie zwölf Konkav- und zwölf Konvexgläser, die viele Kombinationen zuließen.

Mit zwei oder drei Rekoßscheiben waren auch die Augenspiegel von LORING (1870, 1874, 1876, 1878), SCHNABEL (1872, 1873), HIRSCHBERG (1877, 1901) und PARENT (1881, 1883, 1891) ausgerüstet. Bei der Erfindung HIRSCHBERGs konnten Pluslinsen für die Untersuchung im umgekehrten Bild in die Spiegelfassung eingesetzt werden. LORINGS Spiegel von 1878 umfaßte einen Bereich von +23 bis -24 dptr, bis +8 in halben, dann in ganzen Dioptrienabständen. GREEN hat ihn im gleichen Jahr modifiziert. Weitere Refraktionsaugenspiegel stammen von DE GRANDMONT (1878), BAUMEISTER (1882) und PFLÜGER (1883).

Sehr ausgeklügelt war der Mechanismus zur Gläserkombination in LANDOLTS Augenspiegel (1876) (Abb. 16). Die beiden Rekoßscheiben enthielten außer einer Leeröffnung einmal fünf und einmal sechs Gläser. Diese konnten jedoch so eingestellt

werden, daß in Abständen von einer halben Dioptrie die Werte von +10 bis -10,5 dptr überstrichen wurden. Sie erschienen in einem Fensterchen. Zum Gerät gehörten ein Plan- und ein Konkavspiegel sowie zwei Konvexgläser für das umgekehrte Bild. Der Spiegel diente zusätzlich der subjektiven Refraktionsbestimmung, mit Hilfe einer Strahlenfigur ließ sich sogar ein Astigmatismus ermitteln.

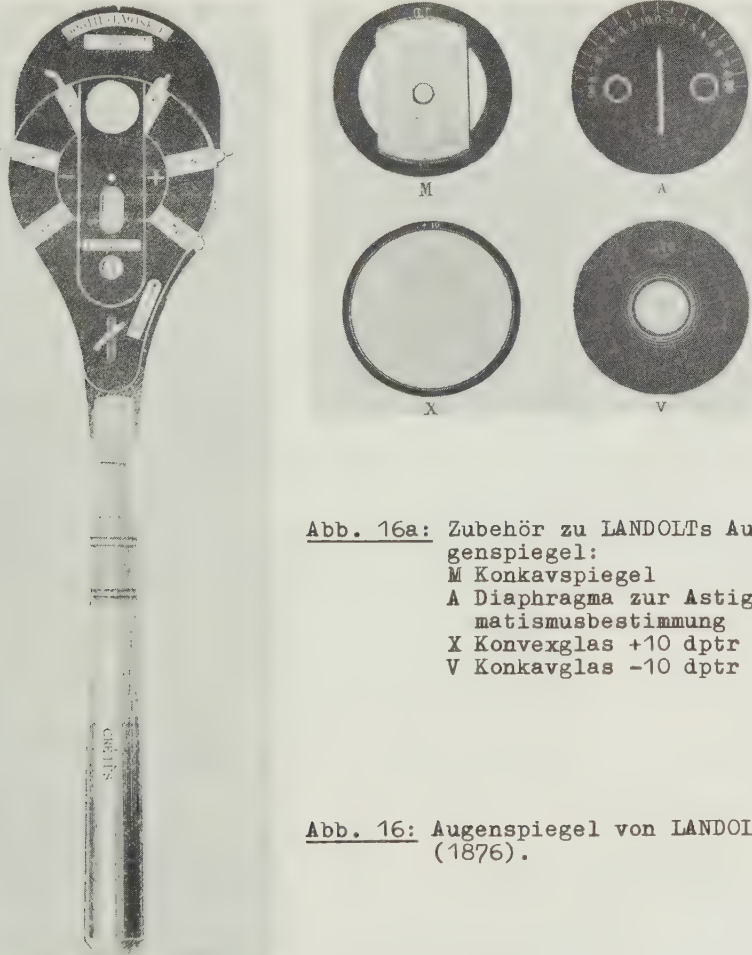


Abb. 16a: Zubehör zu LANDOLTs Augenspiegel:
M Konkavspiegel
A Diaphragma zur Astigmatismusbestimmung
X Konvexglas +10 dptr
V Konkavglas -10 dptr

Abb. 16: Augenspiegel von LANDOLT (1876).

Dieses ging ebenfalls mit dem Augenspiegel von PARENT (Abb. 17). Er besaß nämlich außer 35 sphärischen noch mehrere zylindrische Gläser, die um 360° gedreht werden konnten. Auch UHTHOFFs Spiegel ließ eine Astigmatismusermittlung zu und hatte für die Untersuchung im polarisierten Licht noch zwei schräggestellte unbelegte Glasplatten.

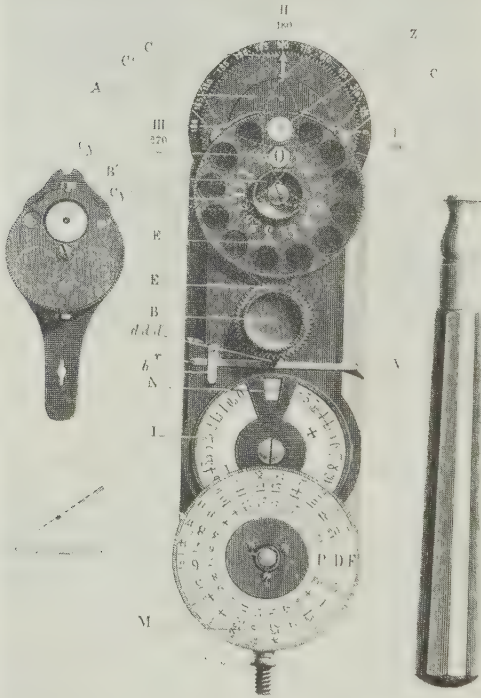


Abb. 17: Augenspiegel von PARENT (nach LANDOLT).

Ein weit verbreitetes Instrument, das später auch als elektrisches zu haben war, stellte MORTON 1883 in England vor (Abb. 18).

Es war für das aufrechte Bild gedacht, mit Lupe aber auch für das umgekehrte zu gebrauchen (DUKE-ELDER). Zum Vorschalten der Gläser hatte es eine gezahnte Scheibe, die zu-

dem als Pupillometer diene. Die eingestellten Korrektionswerte wurden auf einer darüberliegenden Scheibe abgelesen. Eine dritte enthielt die Werte +0.5, +2.0, -10 und -30 dp_{tr}. Vier Spiegel, zwei plane und zwei konkave, waren Rücken an Rücken angebracht, die Rekoßscheiben ließen einen Bereich von +32 bis -50 dp_{tr} zu. Viele moderne Geräte haben diese Anordnung des Gläserwechsels übernommen bzw. die Vorsatzlinsen an einer beweglichen Kette aufgehängt (DUKE-ELDER, COMBERG, VELHAGEN).

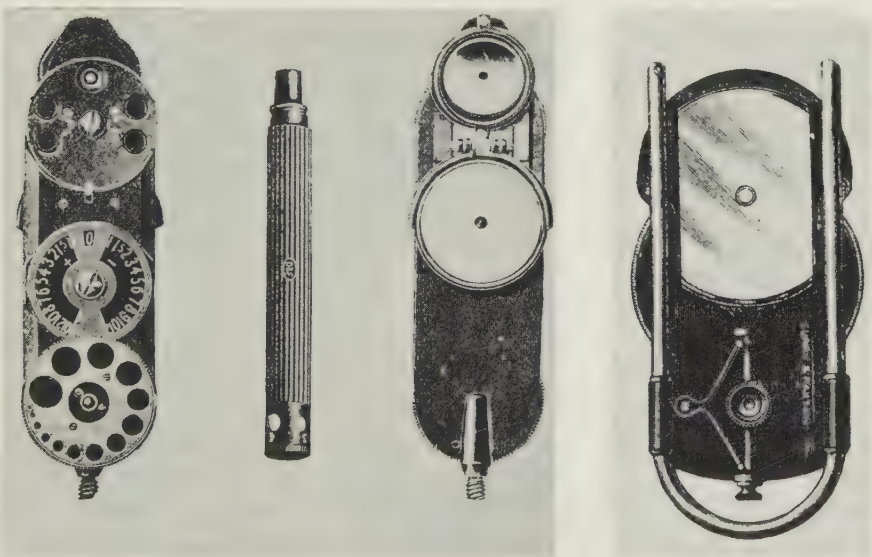


Abb. 18 (links): Augenspiegel von MORTON (1883) (nach LANDOLT und LANGENHAN).

Abb. 19 (rechts): "student's ophthalmoscope" von JESSOP (1887) (nach LANDOLT und LANGENHAN).

1887 wurde von JESSOP ein sehr praktischer Augenspiegel als "The Student's Ophthalmoscope" herausgegeben. Er besaß einen Konkavspiegel und eine Rekoßscheibe (Abb. 19) (LANDOLT und LANGENHAN).

Einen in Deutschland viel gebrauchten Spiegel konstruierte ROTH (1894). Er umfaßte die Werte von -20 bis +18 dp_{tr}, die Rekoßscheibe ließ sich leicht bedienen und eine Refraktionsbestimmung war möglich. BERGER hatte allerdings 1883 be-

reits ein ähnliches Patent beschrieben, wobei die Gläser-scheibe durch einen Zahnradmechanismus bewegt wurde.

Eine revolutionisierende Neuerung war 1885 die Erfindung des elektrischen Ophthalmoskopes durch DENNET in Amerika, dessen Glühbirne im Stiel des Spiegels war und ihr Licht auf einen um 45° geneigten Spiegel warf. Als Stromquelle diente eine Taschenlampenbatterie (HEYDENREICH). Er setzte sich anfangs garnicht so überwältigend schnell durch, was an der unzureichenden Qualität der sehr empfindlichen Birnchen und der zu schwachen Beleuchtung lag. JULER führte 1886 den elektrischen Augenspiegel in England ein. Hier war die Glühlampe auf dem Rahmen des reflektierenden Spiegels montiert (DUKE-ELDER).

ASCHER, SIMON, SASSEN und BORSCHKE (1907) versuchten sich an elektrischen Augenspiegelkonstruktionen mit Taschenlampen- und Trockenbatterien. SCHWEIGGERS Vorschlag (1891), mit dem HELMHOLTZschen Spiegel und MORTONS elektrischem Beleuchtungssystem zu arbeiten, konnte sich nicht durchsetzen.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts trat eine relative Stagnation bei der Neuentwicklung wesentlicher Errungenschaften an Augenspiegeln ein. Plan- und Konkavspiegel waren praktisch ausgereift, Verbesserungen wurden deshalb an den vorhandenen Refraktionsaugenspiegeln vorgenommen. Die sehr brauchbaren Geräte von SIMON (1899), MORTON und MAY (1900) haben sich lange in der Praxis gehalten. Dennoch waren sie ursprünglich in der Beleuchtung so schwach, daß sie dem Hohlspiegel mit Lupe keine ernsthafte Konkurrenz machen konnten.

Nach Erfindung der elektrischen Beleuchtung ist als neuer Impuls die Methode der Reflexbeseitigung zu nennen. Die Ergebnisse der hier besonders herausragenden Wissenschaftler THORNER, WOLFF, DIMMER, GULLSTRAND und auch BAUM werden an anderer Stelle beschrieben.

Mit den Versuchen, reflexfreie Augenspiegelbilder zu erhalten, ging eine neue Welle der Verbesserung der Beleuchtung konform. Die fokale Beleuchtung, der WOLFF in seinem elektrischen Handaugenspiegel von 1900 durch Abbildung des Glühfadens

auf der Netzhaut schon nahe kam, wurde zum Gegenstand der Bemühungen. COMBERG (1932) hatte hier eine sehr fortschrittliche Idee (Abb. 20). Durch Einführen eines Kondensors in den



Abb. 20: Schema des COMBERG-Spiegels.
1 Wendelinse, 2 Sammellinse, 3 Kondensorblende, 4 Kondensor, 5 Lampe (nach VELHAGEN).

Strahlengang und Vorschalten einer Sammellinse erhielt er eine scharfe Abbildung der Lichtquelle auf der Netzhaut für das umgekehrte Bild. Das konnte auch an anderen Spiegeln gemacht werden, z.B. dem MORTONschen. Eine sogenannte Wendelinse, ein starkes Plusglas, wurde zur diffusen Beleuchtung des aufrechten Bildes in den Strahlengang "hineingewendet".

In diesem Prinzip ist ein direkter Vorläufer der fokalen Beleuchtung zu finden, welche MEESMANN durch Einfügen einer Spaltblende ebenfalls schon gut erreichte. Viele neuere Modelle, so der Augenspiegel von Oculus (Abb. 21), haben COMBERGs und MEESMANNs Gedanken in Form einer Schiebelinse verwirklicht (COMBERG). MEESMANN und WILENKIN (1936) brachten durch Einbau einer variablen Spaltblende eine zusätzliche Verbesserung, die das Untersuchen der Makula bei enger Pupille ermöglichte.

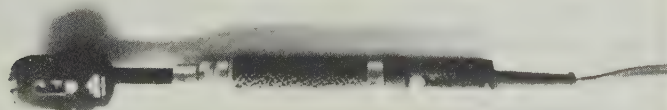


Abb. 21: Augenspiegel der Fa. Oculus.

Zur fokalen Beleuchtung eignete sich der stereoskopische reflexlose Handaugenspiegel von THORNER (1928), den er mit GRAFF zu einem Stativgerät modifiziert hat. Es konnte damit ein scharf begrenztes Beleuchtungsfeld auf der Netzhaut abgebildet werden. Auch FRIEDENWALD gab in Baltimore einen Augenspiegel mit fokaler Beleuchtungsmöglichkeit an. In beschränktem Maße ließ sich der SIMONSche Spiegel so zentrieren, daß der Glühfaden für das aufrechte Bild am Fundus fokussiert werden konnte (ZAMENHOF).

ZAMENHOF (1930, 1932, 1933) erfand eine Vorrichtung, die er "Fokalisator" nannte. Er hat die Anordnung am GULLSTRANDSchen Ophthalmoskop angebracht (Abb. 22).

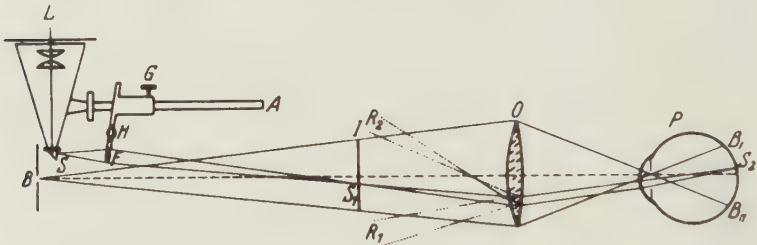


Abb. 22: Schema von ZAMENHOFs Fokalisator im GULLSTRAND-Ophthalmoskop. L Lichtquelle, Spalt, Fokalisator, S Spiegel, F Fokalisatorlinse, G und A Justiereinrichtung, O Objektivlinse des Ophthalmoskopes, S_1 reelles Bild des Fundus S_2 . Der Lichtspalt wird durch F in das reelle Bild und somit auf dem Fundus des untersuchten Auges abgebildet (n. GOLDMANN).

Mit zunehmender Perfektion der Spaltlampenbiomikroskopie reifte auch schließlich die Methode der fokalen Beleuchtung aus. Die Beleuchtungsmöglichkeiten des Augenhintergrundes konnten nun variiert werden: fokal (direkt), indirekt im regredienten Licht und indirekt seitlich. Dadurch ließen sich weitere Fundusdetails und feinere Niveauunterschiede besser erkennen (ZAMENHOF).

Parallel zur fokalen Beleuchtung entwickelte sich das

Verfahren der Rotfreiophthalmoskopie, auf das noch näher eingegangen wird.

Man könnte hier feststellen, daß die Entwicklung der Augenspiegelgeräte eigentlich abgeschlossen war. Die vorhandenen Methoden wurden technisch verfeinert und fanden in den zukünftigen Instrumenten fast ausschließlich Anwendung. Nur der zweite Weltkrieg sollte das Erscheinen der heutigen perfekten Ophthalmoskope um mehrere Jahre verzögern.



Abb. 23a: Augenspiegel der Zeiss-Opton-Werke nach LITTMANN (nach HEYDENREICH).

Das neueste und in seiner Handhabung wohl beste Gerät stellte 1949 LITTMANN der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft in Heidelberg vor (Abb. 23). Es vereinigt in sich alle technischen Errungenschaften und erfüllt höchste Anforderungen an einen Augenspiegel. Hersteller sind die Zeiss-Opton-Werke. Neu ist ein "pankratisches" Beleuchtungssystem, das von SLEVOGT erdacht und ausgeführt wurde. Durch kontinuierliches Verschieben des Pankraten ändert sich die Größe des Leuchtfeldes - in Endstellung beträgt sie 5° - bei steigender Helligkeit bis 150 000 Lux und praktisch unveränderter Lage des Bildfeldes. Diese Helligkeit ist besonders auch für die rotfreie Ophthalmoskopie nützlich. Reflexfreiheit kann selbst bei enger Pupille erreicht werden, wenn man die Patientienpupille unterhalb des Horn-

hautscheitels mit der engsten Stelle des Beleuchtungsstrahles ausleuchtet, die etwa 20 mm vor der Lichtaustrittsöffnung des Augenspiegels liegt. Die Vorrichtung des Gläsertransportes ist dem MORTONschen Kettensystem entlehnt. Zwei

verschiedene Leuchtfeldblenden und ein Rotarmfilter können vor den Kondensor geschaltet werden. Ein Diaphanoskopieaufsatz vervollständigt das Besteck.

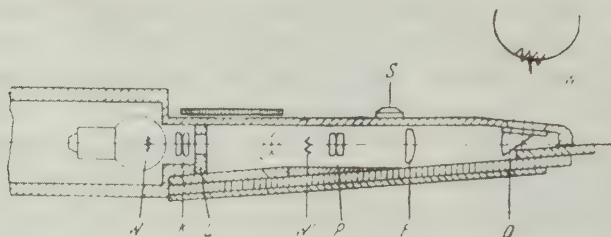


Abb. 23b: Strahlengang im Augenspiegel nach LITTMANN. Die Leuchtwendel W wird durch den Kondensor K in W' abgebildet. Der Pankrat P kann mit dem Schieber S axial verschoben werden. Durch Zusammenwirken der Feldlinse F mit dem Objektiv O entsteht je nach Stellung von P ein unterschiedlich großes Bild W'', das praktisch seine Lage nicht verändert. L Leuchtfeldblende (nach LITTMANN).

2.2 Aufrecht binokular

Die direkte Binokularophthalmoskopie erfolgt heute mittels Spaltlampe und Vorsatz- oder Kontaktgläsern. Diese "Biomikroskopie" des Augenhintergrundes ist eine wertvolle Erweiterung der Ophthalmoskopie und als eine der aufschlußreichsten Untersuchungsmethoden des Augenarztes unabkömmlich geworden. Bei dieser Art des Augenspiegelns, die auch gegenwärtig noch zunehmend modifiziert wird, sind verschiedene Beleuchtungsmöglichkeiten gegeben: fokale im hellen, schmalen Lichtbündel, indirekte und die Untersuchung im regredienten Licht. Indirekt seitliche Beleuchtung und die Beobachtung im Spiegelbezirk stehen an nebeneordneter Stelle (HRUBY). Es

können im optischen Schnitt oft Strukturen und topographische Lagebeziehungen erkannt werden, die mit dem monokularen Augenspiegel nur schlecht sichtbar sind oder gar verborgen bleiben. Zudem bietet die stereoskopische Betrachtung weitere Vorteile.

Auf dem Gebiet der Binokularophthalmoskopie haben sich besonders KOEPPE, HRUBY und GOLDMANN verdient gemacht. Schließlich muß auch GULLSTRAND erwähnt werden, der ja die Spaltlampe einführte und den ersten Erfindern die Spaltlampenuntersuchung der tieferen Augenabschnitte erst ermöglichte.

Um das Augeninnere der Spaltlampenbeobachtung zugänglich zu machen, waren gewisse Schwierigkeiten zu überwinden. Es mußte der Grenzwinkel (Azimutwinkel) - bedingt durch die vorgelagerte Pupille - zwischen optischer Beobachtungsachse und Beleuchtungsachse durch eine geeignete Vorrichtung reduziert werden (HRUBY). Ferner waren die vom hinteren Augenabschnitt zurückgeworfenen Strahlen nach dem Verlassen des Auges so zu zerstreuen, daß sie in der Betrachtungsebene des Mikroskopes zu einem deutlichen Bild vereinigt werden konnten. Bei modernen Spaltlampen ist die genannte Winkelreduktion durch Schwenkbarkeit von Beleuchtungsarm und Beobachtungsmikroskop kein Problem mehr. Es läßt sich leicht der geforderte koaxiale Strahlengang erreichen. Das derart hergestellte Bild kann grundsätzlich mit starken Konkav- oder Konvexgläsern in den Bereich der Brennweite des Beobachtungsmikroskopes gebracht werden. Je nach benutztem Glas mikroskopiert (spiegelt) man so direkt oder indirekt.

Ein weiteres Hindernis stellte die Brechkraft der Hornhaut dar, die durch einen Kunstgriff ausgeschaltet werden mußte (SCHLEGEL). Die ersten Versuche hierzu gehen bis in das beginnende 18. Jahrhundert zurück, es sei noch einmal an MERY und LA HIRE erinnert. Ihre Beobachtungen wurden später mehrmals wiederentdeckt, da sie offensichtlich vergessen worden waren. So veröffentlichte CZERMAK 1851 sein Orthoskop, COCCIOUS ging noch einfacher vor, er legte auf die wasserbe-

netzte Hornhaut nur ein mikroskopisches Deckgläschen. Ein Grundproblem schien zwar schon damals gelöst, jedoch gab es keine Möglichkeit, das in natürlicher Größe erscheinende Fundusbild klinisch verwertbar zu vergrößern.

Eine bahnbrechende Methode fand schließlich KOEPPE (1918) bei der Anwendung eines Silberspiegels, der am Ende des Spaltlampenarmes etwa 2-3 cm vor der Spaltlampenlinse befestigt war und eines stark konkaven Auflageglases (Abb. 24). Durch diese Anordnung erreichte er mit der GULLSTRAND'schen Spaltlampe einen fast coaxialen Strahlengang, unter-

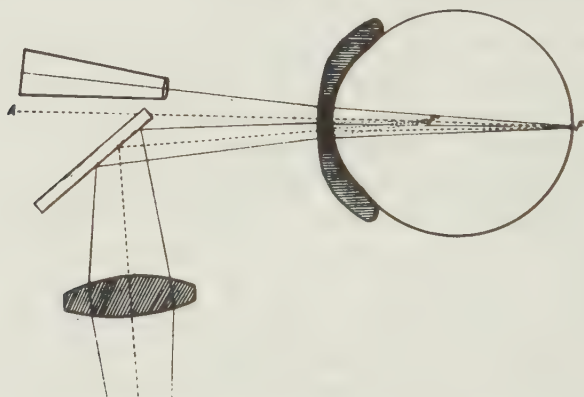


Abb. 24: Schema von KOEPPE'schem Kontaktglas und Silberspiegel (nach GOLDMANN).

suchte aber nur monokular (LOPEZ ENRIQUEZ). Sein Kontaktglas von -59,5 dptr bewirkte die geforderte Divergenz der aus der Tiefe des Auges kommenden Strahlen, so daß im Beobachtungsmikroskop ein deutliches Bild der Netzhaut erschien. Durch das Kontaktglas allein mit seiner planen Vorderfläche sah man den Augenhintergrund etwa in natürlicher Größe.

Nach Einträufeln eines Mydriatikums und Anästhesie des Augapfels wurde das Glas mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllt und auf das Auge gesetzt. Man konnte nun einen achsennahen Bereich von fünf Papillendurchmessern einsehen,

während die peripheren Fundusanteile noch nicht zugänglich waren. Auch das Vorliegen einer Myopie von 5-10 dptr setzte dem Verfahren Grenzen. Das Gerät war recht schwierig zu handhaben und fand keine große und lang anhaltende Verbreitung.

Verbesserungen der Beleuchtungskonstruktionen wurden von GALLEMAERTS und KLEEFELD (1922) vorgenommen, ferner von LACARRÈRE (1925), die den Spaltlampenarm vertikal montierten (LOPEZ ENRIQUEZ). Zudem wurden Mikroskop und Beleuchtungsarm miteinander gekoppelt, so daß die fokale Einstellung bei allen Bewegungen erhalten blieb. Auch diese Modifikationen verhalfen der Spaltlampenmikroskopie des hinteren Augenabschnittes zu einem Aufschwung. Weitere Anregungen brachte LOPEZ ENRIQUEZ (1935, 1936), der die Beleuchtungsrichtung mit einem Doppelwinkelspiegel einzustellen suchte, dabei den Azimutwinkel verkleinerte und schließlich mit einer Konvexlinse im umgekehrten Bild mit der GULLSTRAND-Lampe "biomikroskopierte". Er hoffte so das umständliche Haftglas ersetzen zu können.

Einen größeren Fortschritt brachte LINDNERS abgewinkeltes Mikroskop (1936). Dieser schätzte besonders eine entsprechend abgeänderte Spaltlampe und untersuchte je nach Augengröße mit Kontaktgläsern von 12 und 15 mm Durchmesser. Die Hoffnung, daß seine Apparatur der Ausgangspunkt für wesentliche Fortschritte in der Diagnostik von Glaskörper- und Fundusveränderungen werden könnte, hat sich so tatsächlich erfüllt.

Eine weitere Vorrichtung zur Reduktion des Azimutwinkels ist von GOLDMANN (1937) am Spaltlampengerät von Haag-Streit (Bern) angebracht worden. Ein Vierkantprisma, das bei Bedarf vor die Beleuchtungslinse des Spaltarmes vorgeklappt werden konnte, lenkte das Beleuchtungsbüschel so ab, daß der in Frage stehende Winkel auf $12,5^{\circ}$ reduziert wurde (Abb. 25). Die Idee des Reduktionsprismas hatte wohl EVANS (1932), sie wurde von GOLDMANN und später von BUSACCA (1947) aufgegriffen und erprobt (DUKE-ELDER). Bei den neueren Spaltlampen erfolgt die Beleuchtung senkrecht von oben oder unten durch einen Kondensor, dann Spalt und Beleuchtungslinse. Das Licht wird

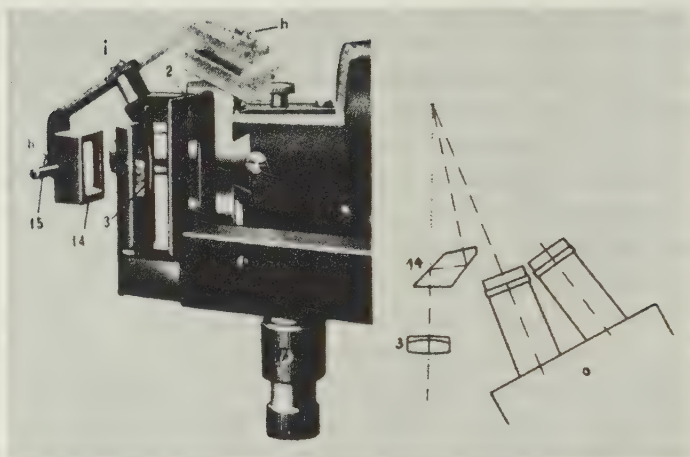


Abb. 25: Reduktionsprisma nach GOLDMANN. Das rechte Bild zeigt, wie das Prisma (14) den Azimutwinkel verkleinert (nach GOLDMANN).

von einem Spiegel oder Prisma etwas oberhalb oder unterhalb der Objektivebene leicht schräg in das Auge gelenkt. Der Azimutwinkel kann hierbei auf Null reduziert werden (GOLDMANN).

Heute sind zur Untersuchung überwiegend die Kontaktgläser von GOLDMANN (1937-1949) in Gebrauch. Dabei handelt es sich um das Funduskontaktglas und das sogenannte Dreispiegelkontaktglas. Das erste dient zur Beobachtung der Papille und ihrer Umgebung bis zu 30° und der zentralen Glaskörperabschnitte (Abb. 26). Die Vergrößerung ist von der Refraktion des untersuchten Auges



Abb. 26: Einfaches Funduskontaktglas (nach GOLDMANN).

abhängig, was bei Messungen am Augenhintergrund und im Glaskörper zu berücksichtigen ist.

Das Plexikontaktglas wiegt nur 2 g, hat -64 dptr Brechkraft und besteht aus zwei Teilen: dem optisch wirksamen Linsenkörper mit der Haptik und dem Trichter zur bequemeren Handhabung. Der ursprünglich größere Skleralteil ist bis auf einen schmalen Ring mit einer Rinne verkleinert worden, in den die Lider eingreifen können. Die ein Gramm schwere Linse kann auch allein benutzt werden. Die optisch wirksame Fläche hat einen Durchmesser von 12 mm. Ein möglichst großer Winkel zwischen Beleuchtung und Mikroskop ist anzustreben, um den binokularen stereoskopischen Effekt zu erzielen. Die Untersuchung erfolgt gewöhnlich mit einer 10- oder 16fachen Vergrößerung mit einem hellen schmalen Lichtbüschel. Mydriasis ist üblich, und nach erfolgter Oberflächenanästhesie wird das mit einem Tropfen Methocel benetzte Glas auf die Hornhaut gesetzt.

Das große Dreispiegelkontaktglas (1949) dient zur Untersuchung des gesamten Augenhintergrundes und des Kammerwinkels (Abb. 27).

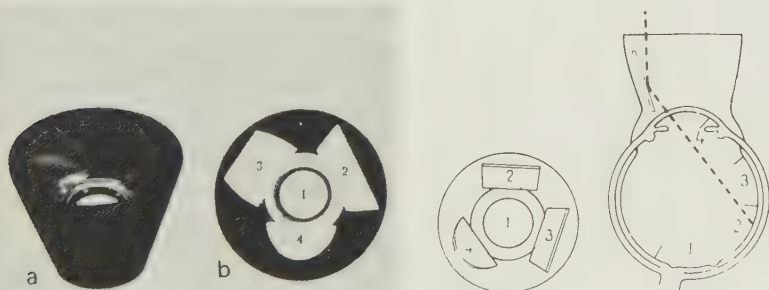


Abb. 27: Dreispiegelkontaktglas nach GOLDMANN. Die schematische Zeichnung demonstriert die mit dem jeweiligen Spiegel überschaubaren Bezirke (n. GOLDMANN).

Die Optik des 16 g schweren Instrumentes besteht aus dem zentralen Konkavglas mit -64 dptr und drei geneigten kleinen Spiegelflächen, die im Abstand von 120° um den Zentralteil angeordnet sind. Zur ebenen Vorderfläche stehen sie in einem Winkel von 59° , 67° und 73° . Nach der beschriebenen Vorbereitung wird das Dreispiegelkontaktglas unter leichtem Druck gegen den Augapfel gehalten. Bei Benutzung der Glasmitte kann der hintere Augenpol, wie beim Funduskontaktglas, ohne Spie-

gel untersucht werden. Mit dem um 59° geneigten Spiegel kann sowohl der oranahe Glaskörper- wie Fundusabschnitt beobachtet werden. Er fungiert gleichzeitig als Gonioskop. Mit dem steilsten Spiegel von 73° Neigung betrachtet man die Zone jenseits von 30° und mit dem mittleren die peripheren Anteile.

Zu den Funduskontaktgläsern wurden verschiedene Modifikationen zum Eindellen des Bulbus angegeben, um die periphersten Netzhautabschnitte der Untersuchung besser zugänglich zu machen. Diese Möglichkeit beschrieb schon TRANTAS (1900) und jüngst auch SCHEPENS ("scleral-depressor", 1950) (DUKE-ELDER).

GOLDMANN hebt die besseren Untersuchungsmöglichkeiten mit seinen Kontaktgläsern im Vergleich zu den Vorsatzgläsern hervor. Viele Autoren sehen darin das z.Zt. geeignetste Gerät zur Spaltlampenmikroskopie (HRUBY). vorteilhaft findet er vor allem, daß zwei brechende Grenzflächen fortfallen: Glas-Luft und Luft-Hornhaut. Ferner werden Krümmungsanomalien durch die Kapillarität der Kontaktflächen beseitigt, während man bei Verwendung von Vorsatzgläsern gelegentlich eine störend wirkende Konvexität des Fundus beobachtet. HRUBY hingegen führt als Nachteil der Kontaktgläser an, daß die Sichtbereiche der drei Spiegel sich überschneiden, während zwischen Aquator und hinterem Pol eine Zone liegt, die nicht gut überblickt werden kann. Immerhin läßt sich bei entsprechender Übung durch Benutzung aller verfügbaren optischen Teile sowie durch Drehen und leichtes Kippen des Glases der größte Teil des Glaskörper-raumes und Augenhintergrundes sukzessiv überschauen. Man benötigt schon eine gewisse Erfahrung, um die einzelnen Spiegelbilder zu einem maßstabgerechten und vollständigen Mosaik zusammenzufügen.

Weil auch HRUBY damals die Anwendung des Kontaktglases umständlich, zeitraubend und für den Patienten zu lästig vor-kam, entwickelte er eine einfachere Vorsatzglasmetode. Er benutzte Konkavgläser von -40 und -55 dptr. Ein technischer Vorteil war, daß außer der Erweiterung der Pupille keinerlei zeitraubende Vorbereitungen erforderlich waren. Um einen möglichst parallelen Strahlengang von Beleuchtungs- und Beobachtungsoptik zu erreichen, wurde ein Reduktionsprisma eingeschaltet. Als Nachteil gegenüber dem Dreispiegelkontaktglas erweist sich das kleinere Gesichtsfeld. Jedoch ließen sich nunmehr auch mehr periphere Fundusbezirke untersuchen, was damals ohne Dreispiegelkontaktglas noch nicht möglich war: nach oben und unten 30° am hinteren Pol, seitlich bei guter

Mydriasis und Dezentrierung des Glases 60° (Abb. 28).

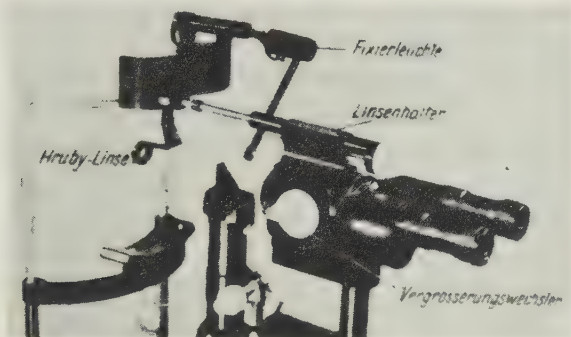


Abb. 28: HRUBY-Linse an einer Zeiss-Opton-Spaltlampe (nach GOLDMANN).

Der HRUBY-Linse sind die Verfahren von LEMOINE und VALOIS (1923) vorausgegangen und verwandt (LOPEZ ENRIQUEZ). Auch diese Autoren versuchten die Schwierigkeiten der Kontaktglasuntersuchung zu umgehen. Sie stellten ihre Erfindung als "Ophtalmoscopie microscopique sans verre de contact" vor. Der Fundus wurde mittels einer stenopäischen Lampe (Gamb's-Spaltlampe) und einem durchlochten Konkavspiegel beleuchtet. Eine Plankonkavlinse von -55 dptr ermöglichte dann die Untersuchung. Die Vergrößerung sollte bis auf das Hundertfache gesteigert werden können.

Bei allen modernen Spaltlampen sind Mikroskoparm und Beleuchtungseinrichtung miteinander gekoppelt und können so gemeinsam und gleichzeitig horizontal und vertikal verschoben oder um ihre Achse geschwenkt werden. Dabei befindet sich das Bild der Spaltebene immer in der Objektebene des Mikroskopes. Das Gerät kann mit einer Hand bedient werden, die freie Hand ändert die Stellung des Vorsatzglases und führt die Fixations-einrichtung.

Anfangs wurde die HRUBY-Linse dem Patienten in einer abgeänderten Probierbrille vorgesetzt. Später befestigte man in der Mitte der Stirnstütze der Spaltlampe eine Haltevorrichtung, die das Vorklappen des Minusglases vor das Patientenauge erlaubte. An der Haag-Streit-Lampe kann das Glas mit dem Mikroskop gekoppelt werden, so daß es alle Bewegungen mitmacht

ohne den Frontalabstand vom untersuchten Auge zu ändern. Ferner gewährleistet das eine konstante Zentrierung des Glases zur optischen Beobachtungsachse.

Die direkte binokulare Ophthalmoskopie ist der monokularen überlegen, was schon ihre weltweite Verbreitung zeigt. Sie ist wichtig, wenn es sich um die Beurteilung feinsten Niveauunterschiede handelt. So kann die Dicke der normalen oder leicht ödematösen Netzhaut nur bei binokularer und stereoskopischer Betrachtung festgestellt werden. Im allgemeinen bereitet die Diagnose einer Netzhautabhebung keine Schwierigkeiten. Aber das Erkennen einer sehr flachen Ablösung oder der hinteren Glaskörperabhebung kann allein auf Grund der üblichen monokularen Augenspiegeluntersuchung sehr schwer sein. Hier hilft die Spaltlampenbetrachtung weiter, wobei man den betroffenen Netzhautstreifen und den darunterliegenden Aderhautstreifen getrennt sieht. Natürlich können auch verschiedene Farbfilter bei der Untersuchung nützlich sein. Wichtig ist sie ferner bei der Ablationsprophylaxe, wo das Stadium des drohenden Netzhautdefektes schon frühzeitig erkennbar ist. Von großem Wert erweist sich die Methode bei der Differenzierung lochverdächtiger Stellen, Blutungen und Pigmentaufflagerungen der Netzhaut. Auch können Makulazyste, -loch oder -schichtloch deutlich unterschieden werden (SCHWEITZER). Die differentialdiagnostische Bedeutung erstreckt sich auch auf Stauungspapille, Neuritis nervi optici, Pseudoneuritis und Tumoren (HRUBY).

3. Geräte zum Spiegeln im umgekehrten Bild

3.1 Umgekehrt monokular

Die Methode des indirekten Spiegels, bei der ein reelles umgekehrtes Bild betrachtet wird, erfreute sich seit ihrer Erfindung wechselnder Beliebtheit. Es steht jedoch außer Zweifel, daß sie neben der bequemerer direkten Untersuchungsweise auch ihren festen Platz in der modernen Augenheilkunde hat. Sie geriet vorübergehend aber stellenweise in einige Vergessenheit. In den ersten zwanzig Jahren nach Einführung des Augenspiegels stand sie jedoch im Vordergrund (CORDES, GASTEIGER). Ebenso, als der elektrische Augenspiegel erfunden war, und somit oft umständliches Hantieren mit der Lichtquelle eigentlich hinfällig wurde. Der elektrische Handaugenspiegel

vereinfacht zwar die Untersuchung im umgekehrten Bild, wegen seiner anfänglich schlechten Lichtverhältnisse wurde er aber kaum dazu benutzt, da die herkömmlichen Lichtquellen die eindeutig bessere Beleuchtung lieferten. So hat z.B. auch GRAEFE die Papillenexkavation beim Glaukom ohne elektrischen Spiegel im indirekten Bild gefunden. Er zeichnete wohl dafür mitverantwortlich, daß das Spiegeln im aufrechten Bild damals etwas vernachlässigt wurde (BAUMEISTER).

Wie schon angedeutet, ist mit den meisten direkten Augenspiegeln, besonders gut mit den neueren elektrischen, die Untersuchung im umgekehrten Bilde möglich. Hierzu sind oft geeignete Konvexgläser beigegeben. Am gebräuchlichsten ist eine Ophthalmoskopierlupe von +13 dptr. Damals waren die von GULLSTRAND berechneten aplanatischen Linsen am besten (LANDOLT und LANGENHAN). In jüngerer Zeit erlebte die Methode durch SCHEPENS' indirektes Binokularophthalmoskop eine Renaissance, und viele Augenärzte haben sie wieder aufgegriffen.

Das Augenspiegelbild erscheint seitenverkehrt und ist kleiner als bei direkter Betrachtung, das Gesichtsfeld bzw. das Beleuchtungsfeld jedoch größer. Neben anderen hat LANDOLT die Vergrößerung des Bildes berechnet, bei indirektem Spiegeln beträgt sie vier- bis fünffach. Je stärker myop das untersuchte Auge ist, desto geringer ist die Vergrößerung. Man kann z.B. das Bild auf einem Schirm auffangen und sie so ableiten. Weiterhin hängt sie von der verwendeten Lupe und der Untersuchungsdistanz ab.

Von Vorteil ist das Spiegeln im umgekehrten Bild bei hoher Myopie, bei Trübungen der brechenden Medien, oftmals bei unkooperativen Kindern, bei Beurteilung von Netzhautablösungen und der Fundusperipherie. Die kleinere Vergrößerung und das größere Gesichtsfeld erleichtern es einen Überblick über den Augenhintergrund zu erhalten. Natürlich ist auch ein schneller orientierender Blick auf die Papille, etwa beim Glaukompatienten, ohne große Umstände möglich. Jedoch sind der Methode, gerade durch die geringe Vergrößerung, z.B. bei Untersuchung der Makula bei enger Pupille, Grenzen gesetzt. Die direkte Ophthalmoskopie wird also vorrangig bleiben.

Die wohl bedeutendsten Erfindungen auf diesem Gebiet stammen von WOLFF, THORNER, GULLSTRAND und DIMMER und werden

bei der reflexlosen Ophthalmoskopie ausführlich abgehandelt. Manche Geräte sind auch im Kapitel über die direkt monokular zu gebrauchenden Instrumente zu finden, es erübrigt sich also hier ein erneutes Aufzeigen.

Die Fundusbeleuchtung mit dem HELMHOLTZschen Augenspiegel war so schwach, daß schon gleich nach dessen Publikation der Wunsch nach einem helleren Bild entstand. Ein bedeutender Schritt hierzu gelang RUETE (1852) mit einem Stativgerät, dessen horizontale Dreharme zwei Linsen trugen und einen Schirm, der seitlich hinter dem durchbohrten Konkavspiegel eine Blendung des Untersuchers verhinderte. Das Licht wurde durch die Linsen gebündelt. Der erste Augenspiegel zur Untersuchung im umgekehrten Bild war erfunden (Abb. 29).

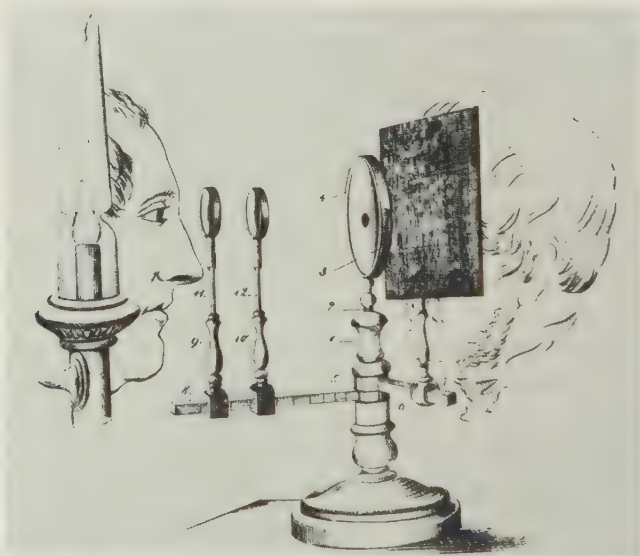


Abb. 29: Stativaugenspiegel von RUETE (1852) (nach COMBERG).

Im gleichen Jahr hat HELMHOLTZ die einfachste indirekte Untersuchungsmöglichkeit mit durchbohrtem Konkavspiegel und frei gehaltener Lupe angegeben.

Viele Autoren versuchten bereits in den Anfangsjahren der Ophthalmoskopie die Beleuchtung auch durch verschiedenartige Glasplatten und Spiegel zu verbessern. Man nahm mehrere durchsichtige (HELMHOLTZ), einzelne metallisierte, vergoldete, versilberte, platinisierte (SCHÖLER 1883), planparallele Glasplatten, belegte konvexe und konkave Spiegel verschiedener Krümmung, Kombinationen von planen und konvexen Spiegeln mit Konvexlinsen (COCCIOUS 1853, SAEMANN 1853, FOLLIN und NACHET 1853), belegte Linsen und Menisken (KLAUNIG 1854, JAEGER 1854, HASNER 1855, LAWRENCE und GIRAUD-TEULON 1863, 1864), total reflektierende Prismen (ULRICH 1853, MEYERSTEIN 1853, FOLLIN und NACHET 1853, GIRAUD-TEULON 1861). Selbst fünfzig Jahre später wurden noch Metallspiegel empfohlen (GRUNERT 1906). Der Hohlspiegel brachte aber noch das günstigste Licht, da er die Strahlen am besten konzentrierte (LANDOLT und LANGENHAN).

HASNERS (1855) und der große Augenspiegel von LIEBREICH (1860) stellten fest montierte Demonstrationsaugenspiegel zum Ophthalmoskopieren im umgekehrten Bild dar (Abb. 30).

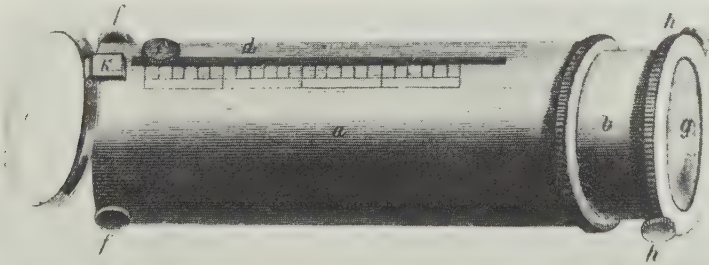


Abb. 30: Indirekter Augenspiegel von HASNER (1855)
(nach ZANDER).

Es handelte sich um zwei ineinander verschiebbare Röhren, von denen die Okularröhre seitlich aufgeschnitten war, um das Licht auf einen durchbohrten Hohlspiegel fallen zu lassen, hinter dem Korrektionsgläser befestigt werden konnten. Am Ende des Objektivrohres war eine +20 dp_{tr} starke Konvexlinse verstellbar einge faßt.

1870 stellten DE WECKER und ROGER der Académie des Sciences in Paris einen indirekten Augenspiegel für zwei Betrachter vor. Der Strahlengang wurde durch zwei mit den Hypotenusenflächen aufeinanderliegende Prismen von 48° und 42° geteilt (LANDOLT und LANGENHAN).

Ähnlich verfuhr SICHEL im Jahre 1872 (Abb. 31). Der Konkavspiegel SS' (35 cm Brennweite) wirft das Licht der Lampe L in das Patientenauge C . Die Konvexlinse M entwirft in B das umgekehrte Bild, dessen Strahlen in einen Kasten laufen, dessen Öffnung zu $2/3$ von einem Prisma eingenommen wird. Durch das frei bleibende Drittel sieht ein Beobachter, der zweite erhält sein Bild durch totale Reflexion am Prisma und kann es durch ein Konvexglas scharf einstellen. Er sieht das Bild seitenverkehrt. Das Gerät konnte auf ein Stativ montiert werden.

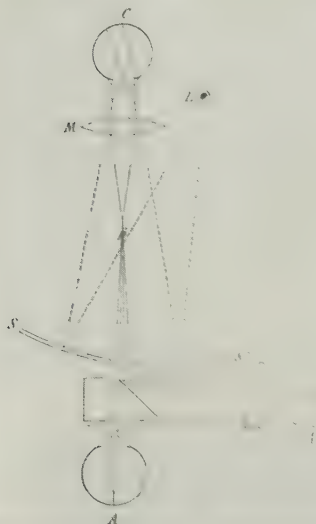


Abb. 31: Strahlengang des Augenspiegels von SICHEL (1872) (nach LANDOLT und LANGENHAN).

1874 baute MONOYER den Augenspiegel SICHELs noch für eine dritte Beobachtungsperson um. Dabei wurde das gleiche Okular mit Prisma wie für den zweiten Betrachter zur anderen Seite angeordnet, sodaß der erste zwischen den beiden Prismen hindurchspiegelte (LANDOLT und LANGENHAN).

FEPPMÜLLER und GRAEFE (1877) brachten zu Demonstrationszwecken einen geneigten Planspiegel hinter dem Ophthalmoskopierspiegel an, der einen Teil der Strahlen für einen zweiten Beobachter ablenkte.

Einen sehr einfachen elektrischen Augenspiegel zum indirekten Untersuchen fertigte 1907 BORSCHKE aus einer Taschenlampe, deren Licht durch eine Sammellinse auf einen um 45° geneigten Spiegel fiel, über den der Untersucher blickte.

1910 hat THORNER einen reflexlosen elektrischen Handaugenspiegel herausgegeben, der auf den GULLSTRANDschen Prinzipien der zentrischen reflexlosen Ophthalmoskopie basierte

Abb. 32, 33). Vorteilhaft war, daß in Miosis gespiegelt werden konnte. Zur exakten Trennung von Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlengang war eine "indifferente Zone" eingeschaltet. Wegen seiner einfachen Handhabung sollte das Gerät besonders auch dem Nichtophthalmologen dienen.

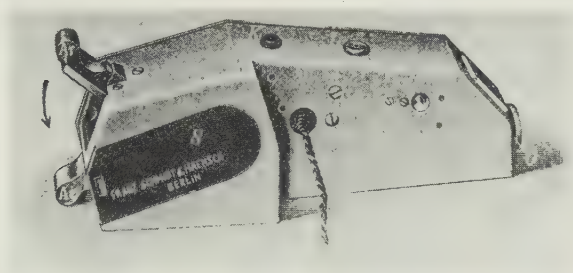


Abb. 32: Reflexloser Handaugenspiegel nach THORNER (1910) (nach LANDOLT und LANGENHAN).

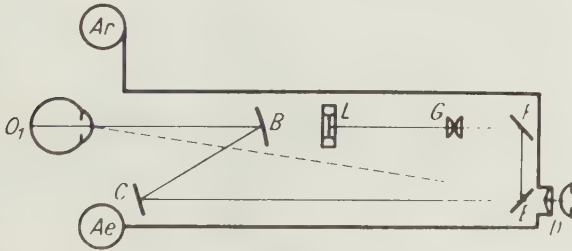


Abb. 33: Strahlengang des Handaugenspiegels nach THORNER. O_1 untersuchtes Auge, B Hohlspiegel, C Planspiegel, D Okularlinse, L Glühlämpchen, G Linsensystem, F und E Planspiegel, Ar und Ae Anstützvorrichtung. B und E sind so bemessen, daß der Arzt die Pupille von O_1 dazwischen sehen kann (nach VELHAGEN).

1912 entwarf WESSELY einen hervorragenden "einfachen Demonstrationsaugenspiegel im umgekehrten Bilde für zwei Beobachter", den Zeiss-Jena herstellte (Abb. 34).

Auch er war als Tischgerät ausgelegt und bestand aus

zwei kreuzförmig angeordneten Stangen (a-b und c-d). Die erste trug an einem Ende eine +14 dptr starke aplanatische Ophthalmoskopierlinse (1), am anderen das Beleuchtungssystem (2). Die Beleuchtungsstrahlen wurden von einem kleinen Planspiegel zur Linse gesandt. Der seitlich verschiebbare Beleuchtungstubus konnte mit einer zur Beobachtung dienenden Blende zentriert werden. Diese und das Glühfadenbild kamen gemäß GULLSTRANDs Forderung zur Reflexbeseitigung zentrisch in der Eintrittspupille des Patienten Auges zur Abbildung. Die um 45° in der optischen Achse verstellte Glasplatte (3) reflektierte das Bild zum zweiten Beobachter, der es durch die Blende (4) vor der schwarzen Mattscheibe (5) betrachtete.

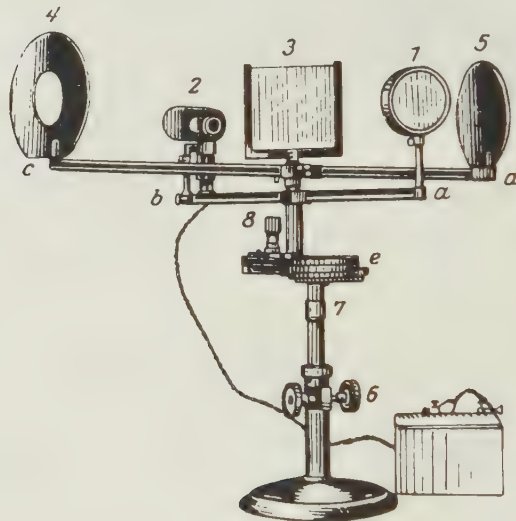


Abb. 34: Demonstrationsaugenspiegel von WESSELY (1912) (nach VELHAGEN).

Im Demonstrationsaugenspiegel von FROST (1913) teilte ein Prisma die Strahlen. Zwei weitere Prismen wendeten die beiden erhaltenen seitenverkehrten Bilder wieder um.

Ebenfalls 1913 hat HENKER das große GULLSTRAND-Ophthalmoskop für einen zweiten Beobachter modifiziert mittels eines dem ABBÉschen Stereoskopokular nachgebildeten Okulars. Hierfür war auch das vereinfachte GULLSTRANDsche Ophthalmoskop geeignet.

WEGNER ließ 1929 von HARTINGER bei der Firma Zeiss in Jena einen besonderen Demonstrationsaugenspiegel anfertigen, der als "Demonstrationspolyophthalmoskop" gleichzeitig neun verschiedenen Betrachtern eine Fundoskopie bei 12facher Vergrößerung erlaubte (Abb. 35). Beleuchtung und Beobachtung

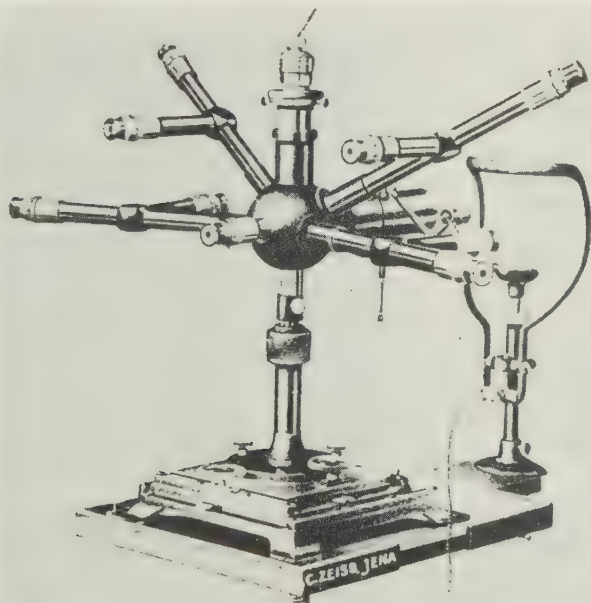


Abb. 35: Demonstrationspolyophthalmoskop nach WEGNER und HARTINGER (1929) (nach HEYDENREICH).

basierten auf den Prinzipien des großen vereinfachten GULL-STRAND-Spiegels. Der Dozent beobachtete zentrisch, die acht übrigen Betrachter durch vier azentrische Austrittspupillen, deren Strahlengang noch einmal von je einem Prisma unterteilt war. Mittels einer Zeigevorrichtung konnte auf verschiedene Details hingewiesen werden.

Diese komplizierten Geräte, die ausschließlich Demonstrationszwecken dienten, verdrängten aber zu keiner Zeit den herkömmlichen durchbohrten Plan- oder Konkavspiegel. So

empfahl AMSLER 1936 in Genf einen einfachen Planspiegel, vor den sich während des Gebrauches eine Linse von +2,5 dptr schwenken ließ, um im umgekehrten Bild zu untersuchen. Ist die Linse hinter dem Spiegel, hat man einen Lupenspiegel, der zur Beurteilung grober intraokularer Trübungen ausreicht (Abb. 36).



Abb. 36: Augenspiegel von AMSLER (1936) (nach HEYDENREICH).



Abb. 37: Hammerlampe nach GROSZ und Lupe zum indirekten Spiegeln.

1937 hat CUSTODIS auf die Möglichkeit aufmerksam gemacht, mit der GROSZschen Hammerlampe zu spiegeln, wenn man zur Beleuchtung die eingebauten +45-dptr-Linsen nimmt und bei leicht nach abwärts gerichtetem Strahlengang direkt über sie hinwegvisiert (Abb. 37). Wegen ihrer Helligkeit kann man auch bei Tageslicht und - gute Zentrierung vorausgesetzt - selbst bei relativ enger Pupille zumindest den Sehnerven beurteilen.

3.2 Umgekehrt binokular

Geräte, die diese Art der Ophthalmoskopie ermöglichen, erscheinen bereits etwa zehn Jahre nach der Erfindung des Augenspiegels, konnten sich aber nie so recht durchsetzen. Sie scheinen erst in letzter Zeit an Bedeutung zu gewinnen. Mit dem Begriff der Binokularität verbindet sich zwangsläufig der des Stereosehens, obwohl hier strenggenommen keine Synonyme vorliegen. Binokulare Geräte bieten beiden Augen dasselbe Bild an, was durch einfache Strahlenteilung erreicht werden kann. Ein stereoskopischer Effekt wird jedoch erzielt, indem jedes Auge das Bild aus einem geringfügig anderen Blickwinkel betrachtet. Da die Größe der stereoskopischen Basis den Effekt der Stereoskopie beeinflusst, empfiehlt sich eine Untersuchung bei maximaler Mydriasis des Patientenauges.

wie bei den meisten anderen Arten von Augenspiegeln liegt auch bei den indirekt binokular zu benutzenden keine einheitlich geschlossene Gruppe vor, es ist nämlich oft außerdem die Untersuchung im aufrechten Bild möglich. Weiterhin werden ei-

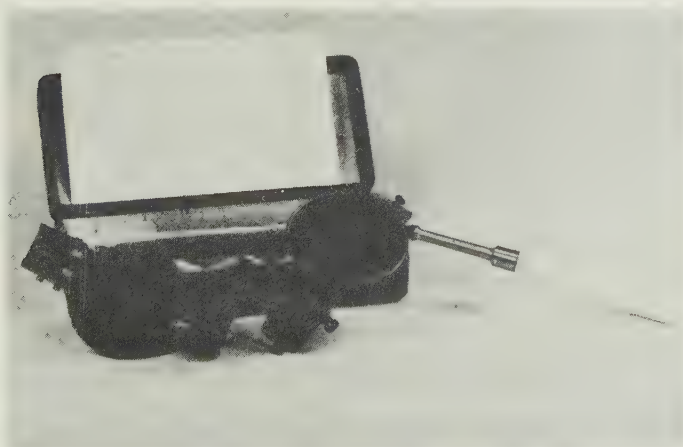


Abb. 38a: Binokularer indirekter Augenspiegel
nach GIRAUD-TEULON (1861) aus dem
Museum der Univ.-Augenklinik Utrecht.

nige eigentlich in dieses Kapitel gehörende Erfindungen bei der reflexlosen Ophthalmoskopie erwähnt. Eine starre Klassifizierung der verschiedenen Spiegel läßt sich ohne Zugeständnisse an deren einen oder anderen Vorzug nicht erreichen.

Der älteste indirekte binokulare Augenspiegel aus dem Jahre 1861 wird im Museum der Utrechter Augenklinik aufbewahrt und stammt von GIRAUD-TEULON (Abb. 38a) (LANDOLT und LANGENHAN, FISON).



Abb. 38b: Strahlengang des GIRAUD-TEULONschen Spiegels (nach LANDOLT und LANGENHAN).

Prismenseiten je ein Schlitten mit abduzierenden Prismen gebracht werden. Eines hat eine plane, das andere eine konvexe Oberfläche. Es ist auch möglich im aufrechten Bild zu untersuchen (Abb. 38b).

SCHWEIGGER verneinte den stereoskopischen Effekt dieses Gerätes, LANDOLT und STAMMESHAUS (1874) wiesen durch Versuche mit einem Photostereoskop das räumliche Sehen zumindest im

Ein in der Mitte durchbohrter Konkavspiegel, im ursprünglichen Gerät um die horizontale, später auch um die vertikale Achse drehbar, dient zur Reflexion des Beleuchtungslichtes. Hinter dem zentralen Loch stoßen zwei rhomboedrische Glasprismen mit ihren scharfen Kanten aneinander. An den kurzen Flächen der Prismen werden die Beobachtungsstrahlen total reflektiert und gelangen so ins Arztauge. Um den unterschiedlichen Augenabstand der Beobachter zu berücksichtigen, ist ein Prisma senkrecht zu seinen langen Flächen geteilt und erlaubt so die Verschiebung des äußeren Teiles, ohne den Strahlengang zu beeinflussen. Damit das Instrument nicht nur bei Parallel-, sondern auch bei Konvergenzstellung der Beobachteraugen brauchbar ist, kann bei Bedarf vor die dem Beobachter zugekehrten

aufrechten Bild nach. THORNER bestätigte dies und gab später eine genaue Berechnung der plastischen Wirkung (LANDOLT und LANGENHAN).

SCHWEIGGER (1870) ersann eine Methode der Binokularophthalmoskopie, bei der er jedem Beobachterauge einen durchbohrten Konkavspiegel vorsetzte. Später benutzte er zwei im rechten Winkel zueinanderstehende Planspiegel. Die Fundusbeleuchtung geschah mittels elektrischer Glühlampe und einer Konvexlinse, die im Winkel der Planspiegel angeordnet waren. Jedes Beobachterauge war mit einem den Beleuchtungsspiegeln parallelstehenden Planspiegel bewaffnet, der die vom Fundus kommenden Strahlen ins Beobachterauge lenkte.

1900 brachte THORNER einen stereoskopischen reflexlosen Augenspiegel heraus, in dem er das Prinzip seines stabilen Spiegels von 1899 verwendete (Abb. 39).

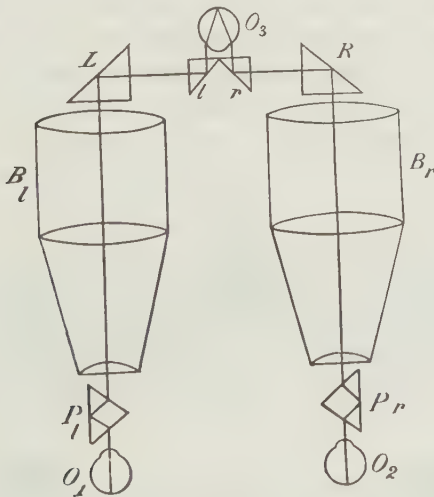


Abb. 39: Strahlengang des stereoskopischen reflexlosen Augenspiegels von THORNER (1900) (nach LANDOLT und LANGENHAN).

Er halbierte die Beobachtungsfläche der Pupille und er-

hielt so je ein Beobachtungsviertel für jedes Auge. Durch die obere Hälfte der Pupille verlief der Beleuchtungsstrahlengang, die aus der unteren austretenden Strahlen wurden von zwei Prismen zur Seite reflektiert und durch zwei weitere wieder parallel gemacht. Dann gingen die Strahlen durch zwei dem THORNERschen monokularen Augenspiegel analoge Beobachtungsrohre, um schließlich wiederum durch zwei Prismen seitenrichtig umgekehrt zu werden.

Das Gerät war teuer und schwierig in der Handhabung, was seine Verbreitung in Grenzen hielt.

Drei Jahre später realisierte THORNER eine andere Idee, indem er seinen bereits vorhandenen Demonstrationsaugenspiegel mit einem stereoskopischen (besser binokularen) Okular ausrüstete (Abb. 40). Im Gegensatz zum vorigen Augenspiegel wurde hier das Bild erst dicht vor dem Beobachterauge geteilt. Die parallel aus dem Tubus kommenden Strahlen wurden durch eine Linse konvergent gemacht, durchliefen dann zwei Prismenpaare, waren also wieder parallel, und wurden schließlich zur Vermeidung einer Gesichtsfeldeinengung direkt vor dem Beobachterauge noch einmal abgebildet. Der Fundus erschien um 90° gedreht, das Gesichtsfeld war mit einer Ausdehnung von drei Papillendurchmessern größer als im GIRAUD-TEULONSchen Instrument.

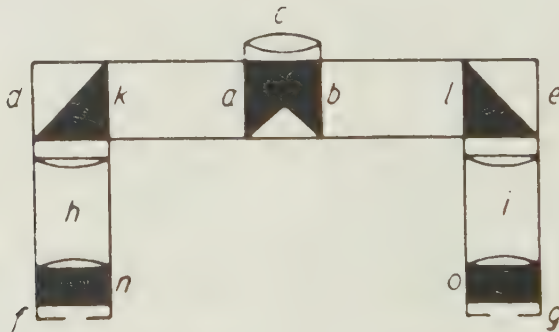


Abb. 40: Stereoskopokular nach THORNER (1903)
(nach HEYDENREICH).

Mit derartigen stereoskopischen Okularen lassen sich

alle Stativaugenspiegel zur Binokularophthalmoskopie modifizieren (HEYDENREICH).

THORNER hat die stereoskopische Wirkung binokularer Augenspiegel berechnet und fand, daß mit seinen Geräten etwa zwölfmal so geringe Niveauunterschiede wahrgenommen werden konnten wie mit dem GIRAUD-TEULONSchen.

Mit WOLFFs Augenspiegel von 1900 konnte das mit einer Ophthalmoskopierlinse hergestellte umgekehrte Bild durch die HENKER-v.-ROHRsche Binokularlupe auch stereoskopisch in etwa der Vergrößerung des aufrechten Bildes betrachtet werden (DEKKING).

Dem von FRAENKEL (1909) konstruierten binokularen Ophthalmoskop lag auch ein dem GIRAUD-TEULONSchen ähnliches Schema zugrunde: Parallelverschiebung der geteilten Strahlenbündel durch zwei total reflektierende rechtwinklige und gleichseitige Prismenpaare dicht vor dem Beobachterauge. Zur Beleuchtung des umgekehrten Bildes diente ein horizontal durchgeschnittener Konkavspiegel. Dadurch fiel ein breiter Lichtspalt auf die das Netzhautbild teilenden Prismen. Auch an diesem Instrument ließ sich die Pupillardistanz der Beobachteraugen einstellen, ebenso war Spiegeln im aufrechten Bild möglich (LANDOLT und LANGENHAN, HEYDENREICH) (Abb. 41).

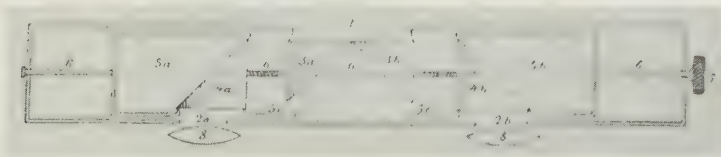


Abb. 41: Indirektes Binokularophthalmoskop von FRAENKEL (1909), Horizontalschnitt durch das Prismengehäuse (nach LANDOLT und LANGENHAN).

GULLSTRAND hat seinen großen reflexlosen Augenspiegel zur Verwendung als reflexloses stereoskopisches Ophthalmo-

skop abgeändert. Es wurden dabei zwei symmetrische Systeme seiner zentrischen reflexlosen Methode mit dem Gerät kombiniert. Da hier die stereoskopische Basis 5,3 mm betrug, mußte immer in Mydriasis untersucht werden (LANDOLT und LANGENHAN). Die Vergrößerung war 20fach, entsprach also etwa der des aufrechten Bildes. Der Augenspiegel hatte eine helle Beleuchtung und gute Bildschärfe, jedoch war der stereoskopische Effekt nicht sehr ausgeprägt (FISON). Da der Patient durch Kopf- und Kinnstütze fixiert war, konnten die peripheren Netzhautteile nicht beurteilt werden.

THORNER demonstrierte auf der Versammlung der Ophthalmologischen Gesellschaft in Heidelberg 1928 einen reflexlosen stereoskopischen Handaugenspiegel, bei dem das Fundusbild durch einen Hohlspiegel entworfen wurde (Abb. 42). Das optische System glich dem des Handaugenspiegels von 1910. Dies gewährte einen genügenden Abstand vom Patientenauge. Das Instrument war leicht und konnte am Krankenbett, aber nur bei erweiterter Pupille, benutzt werden, setzte sich aber wegen seiner komplizierten Handhabung nicht durch (THORNER, VELHAGEN, HEYDENREICH).



Abb. 42: Stereoskopischer Handaugenspiegel von THORNER (1928) (nach VELHAGEN).

Bis zu den vierziger Jahren wurde dann zur Binokularophthalmoskopie im indirekten Bild kein wesentlicher Beitrag mehr geliefert.

1940 griff WAGENAAR in Holland die Methode von GIRAUD-TEULON erneut auf und modifizierte sie. Ein mit zwei Ausschnitten versehener Hohlspiegel erlaubte das stereoskopische Spiegeln im umgekehrten Bild in Verbindung mit einer +20 dptr starken Ophthalmoskopierlupe. Ein weiteres seitliches Okular ermöglichte die Verwendung zu Lehrzwecken.



Abb. 43: Indirektes Binokularophthalmoskop
nach SCHEPENS (nach SAUTTER und
RASSOW).

Die für die Praxis vorerst wohl beste Erfindung auf diesem Gebiet machte schließlich der Amerikaner SCHEPENS (1947-1951) (Abb. 43, 44). Er stellte ein stereoskopisches indirektes Binokularophthalmoskop vor, das an einem Stirnband wie ein Ohrenspiegel getragen wird. Die Untersuchungs-
distanz beträgt etwa 30 cm. Der Untersuchungsgang ist sehr vereinfacht, da eine Hand freibleibt, um einen Fixierpunkt darzubieten oder die Befunde zu skizzieren (HAVENER).

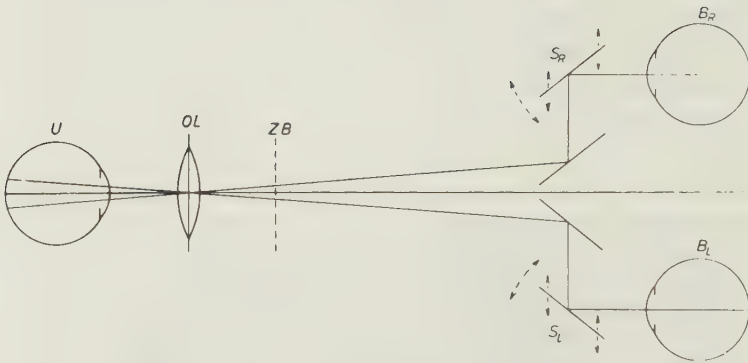


Abb. 44: Strahlengang der Abb. 43, vereinfacht. Die vor den Beobachteraugen angebrachten Spiegel S_l und S_r lassen sich auf die Pupillardistanz des Beobachters einstellen, ohne daß sich die Ebene des Zwischenbildes ZB ändert (nach SAUTTER und RASSOW).

4. Spezielle Entwicklungen

4.1 Die reflexfreie Ophthalmoskopie

Eine wesentliche Bereicherung erfuhr die Ophthalmoskopie durch die Beseitigung der Lichtreflexe an den Grenzflächen des untersuchten Auges, Hornhaut, vorderer und hinterer Linsenfläche. Das von diesen reflektierte Licht ist teilweise stärker als das von der Netzhaut selbst kommende, wodurch störende helle Stellen im Gesichtsfeld des Untersuchenden erscheinen, die besonders für den ungeübten Ophthalmoskopierenden unangenehme Begleiterscheinungen darstellen.

Für die Fotografie des Augenhintergrundes gar ist die Reflexfreiheit fundamentale Voraussetzung (LANDOLT und LANGENHAN, NORDENSON).

Die ersten Versuche zur Minderung der Reflexe an den katoptrischen Flächen gehen bis in die Zeit der Erfindung des Augenspiegels zurück. Bereits HELMHOLTZ versuchte mit Hilfe der schräggestellten, polarisierend wirkenden Glasplatten den Hornhautreflex auszuschalten. ENGELHARDT (1878) probierte es mit zwei im Winkel von $34\frac{1}{2}^{\circ}$ geneigten Glasplatten. FUCHS benutzte 1882 ein dicht vor dem Patientenauge stehendes Nicolprisma, das das Beleuchtungslicht polarisierte. Er spiegelte im umgekehrten Bild. Die Idee seines stabilen reflexlosen Augenspiegels ist aber nie ausgeführt worden (LANDOLT und LANGENHAN, WOLFF).

Der Reflexbeseitigung haben sich um die Jahrhundertwende besonders THORNER (1899, 1903), WOLFF (1900, 1912) und DIMMER (1899, 1901) gewidmet und Bahnbrechendes geleistet.

GULLSTRAND lieferte 1910/1911 eine umfassende Theorie der reflexfreien Ophthalmoskopie. Den Grundgedanken drückte er in folgendem Satz aus: "Es muß ein Teil des Augenhintergrundes, es darf aber kein Teil der Hornhaut oder Linse des untersuchten Auges auf einmal im Strahlenraum des Beleuchtungssystems und in demjenigen des Beobachtungssystems gelegen sein, während gleichzeitig in den drei katadioptrischen Systemen die Lichtquelle, wenn ein Strahlenraum vorhanden ist, außerhalb desselben gelegen sein muß." Es müssen also in einem reflexlosen Augenspiegel Beobachtungs- und Beleuchtungsteil streng voneinander getrennt sein. Folglich dürfen sich an der engsten Stelle des gesamten Strahlenraumes, nämlich in der Pupille des untersuchten Auges, die Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlen nicht vermischen können.

Im wesentlichen sind zur Beseitigung der störenden Reflexe die Polarisationsmethode und die geometrischen Methoden zu unterscheiden. Keine große Bedeutung erlangte die Immersionsmethode, wobei das zu untersuchende Auge von einem mit Kochsalzlösung enthaltenden Wännchen oder

Gefäß umgeben ist, welches vorn durch eine Glasplatte abgeschlossen wird. Da Hornhaut und Flüssigkeit etwa denselben Brechungsindex haben, verlagert sich der Reflex auf die Glasplatte, von wo er durch Kippen des Gefäßes leicht abgelenkt werden kann. Hierauf beruht das Prinzip des CZERMAK'schen Orthoskopes (1851) (Abb. 45). Die Linsenreflexe werden allerdings nicht beeinflusst (LANDOLT und LANGENHAN). Immerhin gelang es GERLOFF (1891) mit einem Orthoskop zum ersten Mal einen Augenhintergrund zu fotografieren.

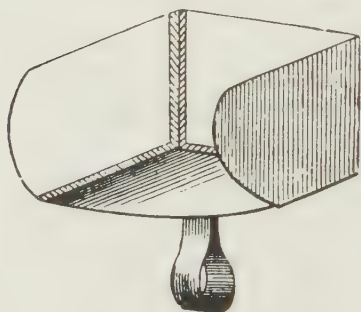


Abb. 45: CZERMAK'sches Orthoskop (1851) (nach LANDOLT und LANGENHAN)

Bei der P o l a r i s a t i o n s m e t h o d e werden durch zwei Nicolsche Prismen, die unter geeigneter Anordnung die Pupille in eine Beleuchtungs- und eine Beobachtungshälfte teilen, die von den brechenden Medien kommenden Strahlen polarisiert und so für die Beobachtung unsichtbar gemacht, während der Untersucher das vom Fundus reflektierte Licht depolarisiert auffängt.

Dieses Prinzip wurde von THORNER 1899 in Anlehnung an HELMHOLTZ und FUCHS zuerst recht ausgereift verwirklicht (Abb. 46). Er erkannte jedoch, daß die Methode wegen des entstehenden Lichtverlustes für die Ophthalmoskopie und Fundusfotografie schlecht verwendbar war. Trotzdem beschäftigten sich DEKKING (1931, 1932) unter Verwendung eines

binokularen vereinfachten GULLSTRAND-Ophthalmoskopes, STRAMPELLI (1935) mit einem Oculus-Spiegel mit zwei gekreuzten Nicolschen Prismen und CARDELL (1935) erneut mit dieser Art der Reflexbeseitigung. DEKKING hat sogar die störenden Reflexe der Ophthalmoskopierlinse ausgeschaltet, indem er die Strahlen, bevor sie auf die Linse trafen, mit einem Nicolprisma polarisierte (DEKKING, HEYDENREICH). Polarisation wurde auch 1921 von SALOMONSON im großen GULLSTRAND-Ophthalmoskop angewandt (DUKE-ELDER).

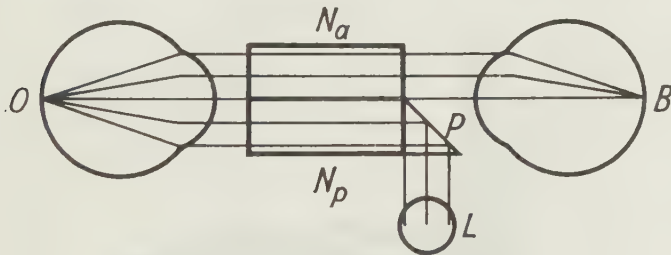


Abb. 46: Polarisationsmethode zur Reflexbeseitigung nach THORNER (1900). O untersuchtes, B untersuchendes Auge, Na und Np Nicolprismen. P an Np gekittetes total reflektierendes Prisma, das die von der Lampe L kommenden Strahlen durch Np nach O leitet. Das von der Hornhaut reflektierte Licht wird, soweit es in Na eintritt, ausgelöscht, der nach Np verlaufende Teil kehrt zu L zurück. Nur das vom Augenhintergrund durch Na gehende Licht gelangt nach B(n. HEYDENREICH).

Wesentlich größere Bedeutung haben die geometrischen Anordnungen für die reflexfreie Ophthalmoskopie und die Fundusfotografie gewonnen. Hierbei werden die Strahlen des Beobachtungs- und Beleuchtungssystems räumlich voneinander getrennt. Einmal kann das durch Halbierung der Pupille geschehen, wobei eine ihrer Hälften zur Beleuchtung, die andere zur Beobachtung benutzt wird. Das versuchten bereits ULRICH (1853), FUCHS (1882) und BAGNÉRIS (1889), je-

doch nicht mit dem besten Erfolg, da erst THORNER (1899) erkannte, daß noch besondere Einrichtungen nötig sind, um die Strahlen völlig voneinander zu isolieren, ohne daß diese sich in ihrem Berührungsfeld mischen können. Zum anderen ist es möglich, die Strahlenbündel zur Reflexminderung auf bestimmte Weise abzulenken.

Durch Teilung der Pupille allein werden die Reflexe noch nicht genügend beseitigt, da auch bei dichter Annäherung an den Patienten zwischen Hornhaut und Beleuchtungs-

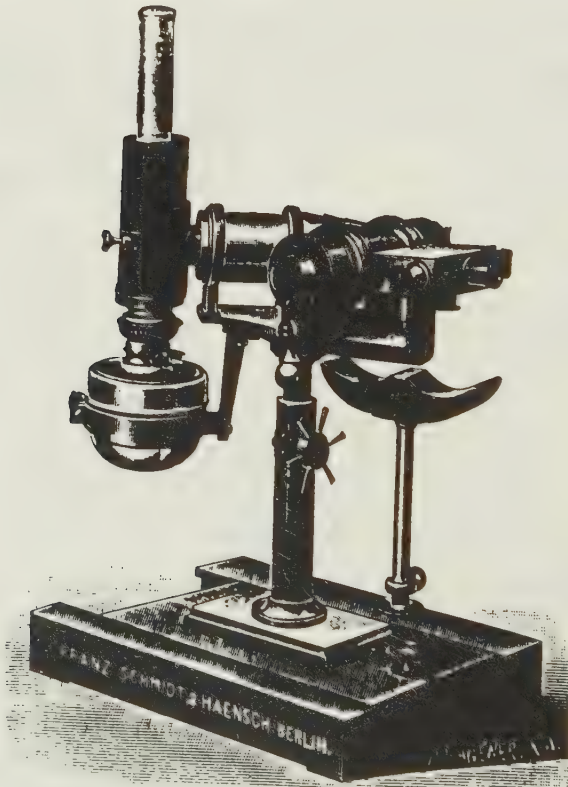


Abb. 47: THORNERs reflexfreier stabiler Augenspiegel (nach LANDOLT und LANGENHAN).

spiegel Strahlen verbleiben, die sich mischen. Hiergegen konstruierte THORNER (1899, 1908-1913) in seinem indirekten stabilen reflexlosen Augenspiegel neben dem Zweiteilungssystem der Pupille innerhalb des Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlenganges halbmondförmige Blenden, um auch die restlichen Reflexe zu beseitigen (DUKE-ELDER) (Abb. 47). Abb. 48 und 49 sollen dieses verdeutlichen.

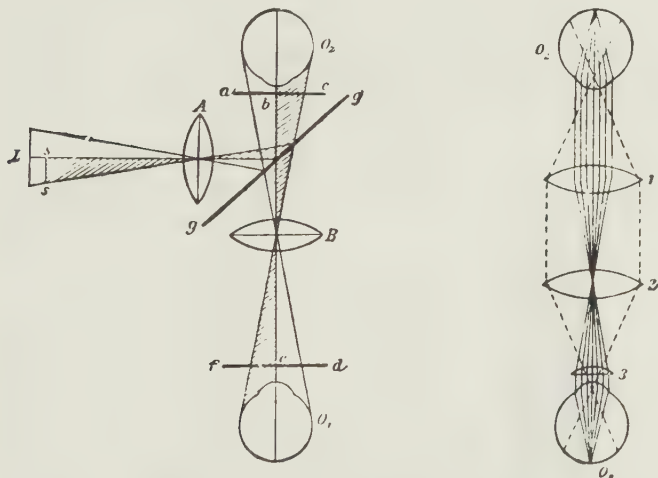


Abb. 48: (links) Beleuchtungseinrichtung zu Abb. 47
(nach LANDOLT und LANGENHAN).

Abb. 49: (rechts) Beobachtungseinrichtung zu Abb. 47
(nach LANDOLT und LANGENHAN).

Die Blende ss vor der Lichtquelle L gestattet nur die Ausleuchtung der halben Pupille. Die unbeleuchtete Hälfte der Pupille des Patienten O_2 bildet sich nun auf der halben Pupille des Betrachters O_1 ab. In den Raum ef kann kein Strahl vom Hornhautreflex ab kommen. Die Blende de hilft den Reflex vollständig beseitigen (Abb. 48). Der Beobachtung dient ein System nach Art eines astronomischen Fernrohres (Abb. 49). Es besteht aus zwei bikonvexen Linsen von $f = 75$ mm und 50 mm Durchmesser und einer plankonvexen Linse von ebenfalls 75 mm Brennweite. Das Bild ist genügend achromatisch und der gewölbte Fundus wird eben abgebildet. Die Lichtstrahlen werden mittels eines total reflektieren-

den Prismas auf das Patientenauge gelenkt. Dieses gehört an Stelle der Platte gg, aber nur von links bis zur optischen Achse reichend. Refraktionsanomalien von Arzt und Patient können durch Verschieben der Linsen 1 und 2 (Abb. 49) und durch ein anderes Okular ausgeglichen werden. Das Gesichtsfeld mißt 35° , die Vergrößerung ist die des aufrechten Bildes. Das Gerät hat einen Sucner (rechts in Abb. 47) zur Kontrolle des Bildes. Es eignete sich gut zur Refraktionsbestimmung und fand unter den Augenärzten regen Zuspruch.

DIMMER (1899, 1901, 1903, 1907) verfuhr ähnlich wie THORNER und benutzte zur Reflexbeseitigung eine zungenförmige Blende. Seine Netznautfotoeinrichtung konnte auch als Demonstrationsaugenspiegel verwendet werden (LANDOLT und LANGENHAN).

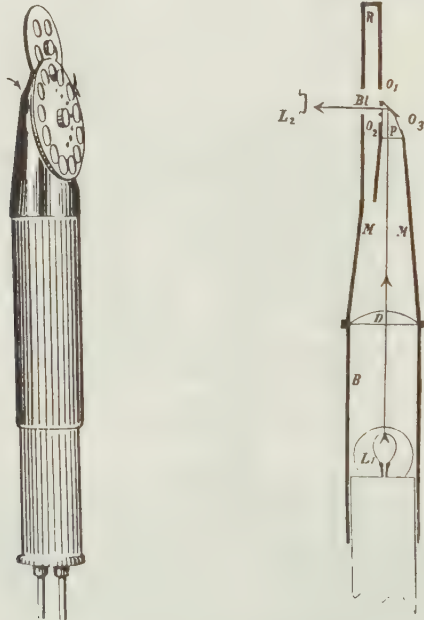


Abb. 50: Elektrischer reflexfreier Augenspiegel nach WOLFF (1900) (nach VELHAGEN).

Abb. 51a: (rechts) Beleuchtungseinrichtung zu Abb. 50 (nach LANDOLT und LANGENHAN).

WOLFF (1900) dirigierte durch besondere Spiegelneigung sämtliche Lichtreflexe nach außen neben die Eintritts- bzw. Austrittspupille des Beobachtungssystems und kam so ohne Blenden aus. Er verschob den Lichtfokus zur Beleuchtung parallel zur optischen Achse an den Pupillenrand, so daß die Reflexe an den drei katoptrischen Flächen aus dem Gesichtsfeld herausgelenkt wurden. Man nannte dies die "katoptrische" Methode der reflexfreien Ophthalmoskopie, die im wesentlichen der zentrischen nach GULLSTRAND entsprach. Dieses Prinzip verwirklichte WOLFF erstmalig an seinem 1900 erfundenen ersten reflexlosen Handaugenspiegel zur Beobachtung im direkten Bild (Abb. 50).

Die Beleuchtung geschah mittels eines die halbe Pupille bedeckenden total reflektierenden Prismas oder Planspiegels (Abb. 51a, b).

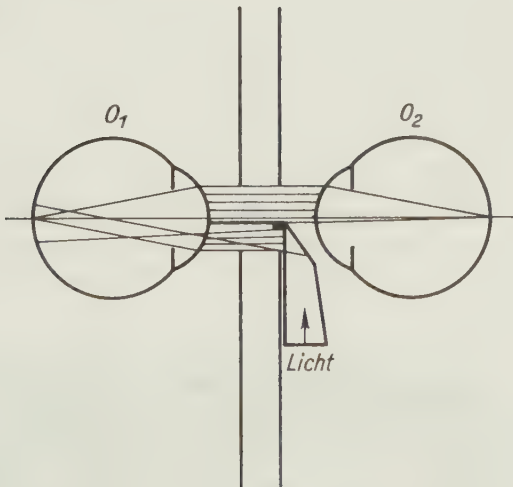


Abb. 51b: Beleuchtungs- und Beobachtungstrahlengang im WOLFFschen Spiegel sind getrennt. Nur ein Teil der Eintrittspupille dient der Beleuchtung. O_1 untersuchtes, O_2 Arztauge (nach HEYDENREICH).

Zentriert wurde das Gerät durch Verschieben des wärmedämmenden Mantels zum Beleuchtungsrohr. Der flache Bau ermöglichte dichte Annäherung an den Patienten, was zur Vergrößerung des Gesichtsfeldes wesentlich beitrug. WOLFF berechnete den Durchmesser des Beleuchtungsfeldes bei 6 mm weiter Pupille auf 7,5 mm. Makula und Papille waren also gleichzeitig ausgeleuchtet.

1903 modifizierte WOLFF den Spiegel, indem er das Patientenauge durch eine Konvexlinse künstlich myop machte und das so entstandene umgekehrte Bild direkt mit dem Augenspiegel und einer anderen Lupe, einem Fernrohrkular oder mit der HENKER-v.-ROHRschen Binokularlupe betrachtete. Mit dieser "Mikroophthalmoskopie" sollen sogar 60-80fache Vergrößerungen erzielt worden sein (LANDOLT und LANGENHAN, WOLFF).

1909 stellte BAUM sein Ophthalmofundoskop vor (Abb. 52). Der etwa 10 cm lange elektrische Handaugenspiegel erlaubte mehr als 70fache Vergrößerung bei allerdings winzigem Gesichtsfeld (DUKE-ELDER) und verlangte ausgesprochen ruhige Hand beim Untersuchen. Diese Vergrößerung wurde bei direkter Betrachtung geliefert. Für das umgekehrte Bild war ein Tubus mit +13 dptr-Linse aufsteckbar. Zur Betrachtung diente ein Mikroskopokular. Der Beleuchtungsstrahl wurde senkrecht auf der Pupille abgebildet und war vom Beobachtungsstrahlengang durch eine Blende abgegrenzt. Nach Entfernen der Objektivlinse und Vorschalten der Rekoßscheibe erhielt man das aufrechte Bild.

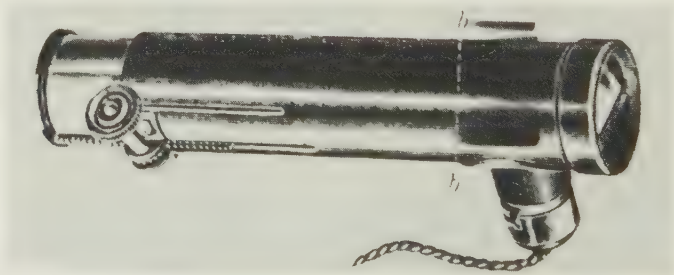


Abb. 52: Ophthalmofundoskop nach BAUM (1909) (n. BAUM).

Im indirekten "Spaltlampen-Ophthalmoskop", das 1928 FRIEDENSWALD entwickelte, wurde wie im MAY-Augenspiegel die untere Pupillenhälfte zur Beleuchtung und die obere zur Beobachtung genommen (DUKE-ELDER).

Eine wesentliche Förderung zur Reflexbeseitigung bei den Augenspiegeln bedeuteten die Arbeiten von GULLSTRAND. Er unterscheidet zentrische und azentrische reflexfreie Ophthalmoskopie. Bei ersterer wird der z e n t r a l e Bereich der Pupille vom Untersucher zur Beobachtung und

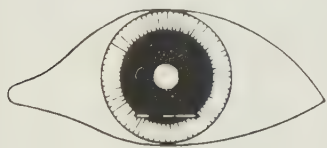


Abb. 53: GULLSTRANDS zentrische reflexlose Ophthalmoskopie (nach HEYDENREICH).

die Randzone zur Beleuchtung genutzt, wie bei WOLFF und THORNER (indirekter Handaugenspiegel von 1910) (Abb. 53). Die Pupillen von Arzt und Patient sind auf einer Achse zentriert. Hierbei sind große Blendenöffnungen (bis 7 mm) und starke Vergrößerungen (30- bis 40fach) möglich, da die Hornhaut zentral eine recht gleichmäßige Wölbung besitzt, wodurch nur kleinere Abbildungsfehler entstehen. Jedoch muß die Patientenpupille maximal erweitert werden, damit der Beleuchtungsstrahl neben dem Beobachtungsstrahl noch ins Auge treten kann. Hiermit ist GULLSTRANDS Forderung erfüllt, daß kein Teil der Hornhaut und der Linse gleichzeitig im Strahlenraum des Beleuchtungs- und des Beobachtungssystems liegen darf.

Nach diesem Prinzip fertigte GULLSTRAND 1911 sein indirektes großes Ophthalmoskop zur reflexfreien Ophthalmoskopie (Abb. 54).

Der Strahlengang geht wie in Abb. 55 dargestellt: Beleuchtungs- und Beobachtungsröhre stehen senkrecht aufeinander. Die Strahlen gehen vom Nernstlicht L durch eine asphärische aplanatische Linse A, dann durch zwei Spaltblenden und eine nächste gleichartige Linse B. Dann werden sie durch die spiegelnde keilplatte K in die peripheren Teile der Eintrittspupille des Patienten Auges O_2 abge-

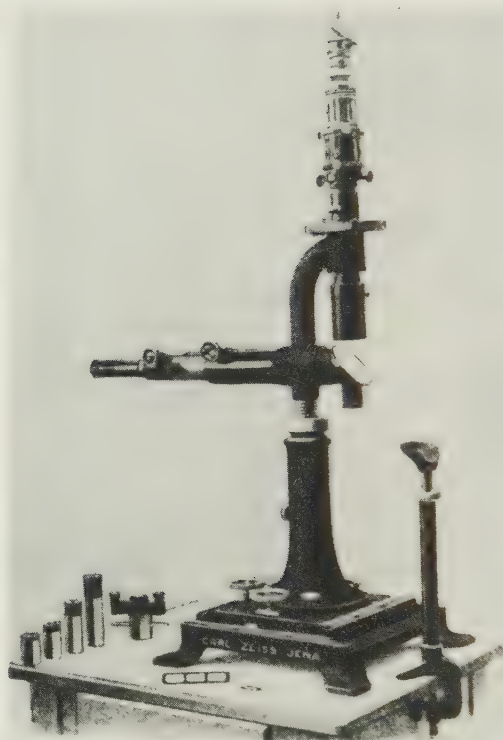


Abb. 54: Großes GULLSTRAND-Ophthalmoskop (1911)
(nach VELHAGEN).

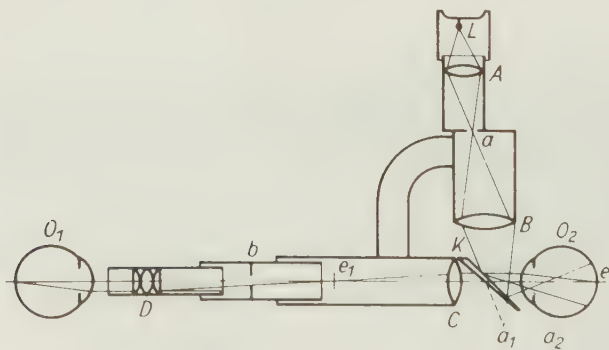


Abb. 55: Strahlengang zu Abb. 54 (nach HEYDENREICH).

bildet. Das reflexfreie Fundusbild e wird in e_1 entworfen und mit dem Okular D von O_1 angesehen. Durch verschiedene Okulare ist 5-40fache Vergrößerung des so erhaltenen umgekehrten Bildes möglich, was bei kleiner Vergrößerung einem Gesichtsfeld von 3-4 Papillendurchmessern entspricht. Das Tischgerät wurde auf einem Kreuzschlitten bewegt, das nicht untersuchte Auge bekam eine Fixiermarke dargeboten. An Schärfe war das THORNERsche Modell etwa ebenbürtig. Durch mehrere Modifikationen ist das Instrument immer mehr ausgebaut worden: Fixiereinrichtung für untersuchtes und nicht untersuchtes Auge, Vorrichtung zum Nachzeichnen des Fundus, Demonstrationsokular (HENKER), Okularmikrometer (SUBAL). Über die Verwendung als Binokularophthalmoskop wurde an anderer Stelle berichtet.

Bei der a z e n t r i s c h e n Methode wird sowohl für die Beobachtung als auch für die Beleuchtung ein außer-

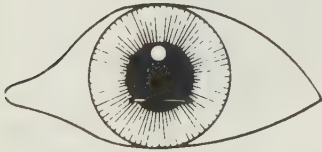


Abb. 56: GULLSTRANDs azen-
trische reflexlose Oph-
thalmoskopie (nach
HEYDENREICH).

halb des Pupillenzentrums lie-
gender Teil benutzt (Abb. 56).
Auch THORNER hat schon mit
diesem Prinzip gearbeitet.
Die Pupille braucht nicht un-
bedingt erweitert zu werden,
denn hier liegt das Bild der
Lichtquelle und das der Be-
obachterpupille noch genügend
weit voneinander entfernt.

So konnte auch das große GULLSTRANDsche Ophthalmoskop bei nicht erweiterter Pupille eingesetzt werden, wenn es azen-
trisch eingestellt wurde. Hatte man aber die Pupille er-
weitert, so lieferte diese Anordnung noch größere Über-
sichtsbilder. GULLSTRAND konnte hierbei Beobachtungs- und
Beleuchtungssystem nur mit Hilfe aplanatischer Ophthalmo-
skopierlinsen exakt trennen, die unter Mitarbeit von v. ROHR
in den Werkstätten der Fa. Zeiss gefertigt wurden und ein
hervorragend aberrationsfreies Bild lieferten (LANDOLT und
LANGENHAN). Das scharf begrenzte Lichtbündel kam von der
Nernstlampe, es wurde durch ein Linsensystem mittels ge-
eigneter Justiervorrichtungen auf den Pupillenrand des Pa-
tienten zentriert. Später brachte eine Nitratlampe noch

helleres Licht. Auch nach diesem System fertigte GULLSTRAND mehrere reflexfreie Augenspiegel, der bedeutendste war das stereoskopische Stativophthalmoskop.

Zur vereinfachten reflexlosen Ophthalmoskopie empfahl GULLSTRAND eine seiner aplanatischen Lupen und seinen elektrischen Handaugenspiegel (Abb. 57). Diese Methode war allerdings nicht völlig frei von Reflexen, lieferte aber ausreichend gute Bilder. Untersucht wurde im umgekehrten Bild.

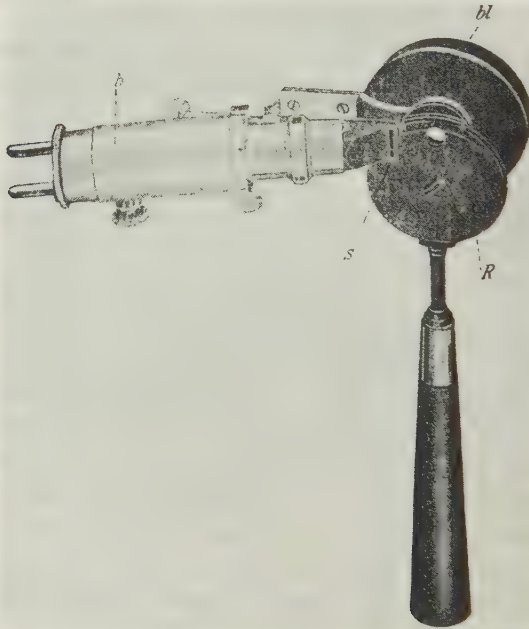


Abb. 57: GULLSTRANDs elektrischer Handaugenspiegel. R Rekoßscheibe, s Lichtspalt, bl Blende, b Beleuchtungsröhr (nach LANDOLT und LANGENHAN).

GULLSTRAND erhielt so durch seine exakten theoretischen Überlegungen und Berechnungen vier verschiedene Möglichkeiten zur reflexfreien Ophthalmoskopie:

1. die zentrische und azentrische mit sehr brauchbaren starken Vergrößerungen,
2. die stereoskopische mit bisher unerreichtem räumlichem Effekt,
3. die vereinfachte und
4. die vereinfachte stereoskopische mit für die Praxis ausreichendem stereoskopischem Effekt.

Da die Nernstlampe ursprünglich das intensivste Licht spendete, wurde sie von GULLSTRAND verwendet und zur Nernstspaltlampe modifiziert. Um kein diffuses Licht zu erhalten, wurde der Glühfaden in einer Blende abgebildet, die wegen der Fadenform der Lichtquelle die Form eines Spaltes erhielt (NORDENSON, LANDOLT und LANGENHAN).

Seitdem ist eine Reihe von Apparaten gebaut worden, denen allen gemeinsam ist, daß die Eintrittspupillen des Beleuchtungs- und Beobachtungssystems voneinander getrennt werden. Sie unterscheiden sich nur dadurch, daß die Trennung auf verschiedenem Wege erreicht wird (SPANUTH).

1913 empfahl BAUM einen reflexlosen elektrischen Handaugenspiegel, den er seiner Kleinheit wegen Pikkolo nannte. Der Beleuchtungsstrahlengang wurde als senkrechte Linie in der Pupille entworfen und war vom Beobachtungsstrahlengang durch eine neutrale Zone getrennt. Das flache Gerät ließ größtmögliche Annäherung an den Patienten zu, was sehr zur Vergrößerung des Gesichtsfeldes beitrug. Eine an einem Stabe befestigte +13 dptr starke Linse ließ die Untersuchung im indirekten Bild zu.

GRAFF und TIETZE stellten 1938 einen völlig reflexfreien Handaugenspiegel für das aufrechte Bild vor. Er beruhte auf dem gleichen Prinzip, das THORNER als erster in seinem großen Ophthalmoskop verwirklicht hat (Abb. 58).

Bei der indirekten Ophthalmoskopie stören oft außer den Reflexen an den brechenden Medien die der Ophthalmoskopierlinse. 1931 hat deshalb GRAFF eine ungleichseitige Linse angegeben, die auf einer Seite stärker gewölbt ist. Diese ist beim Spiegeln dem Arzt zugekehrt. Wenn man sie kippt, wandern die störenden Reflexe an den Linsenrand.

Ein modernes indirektes reflexfreies Tischgerät ist von BAUSCH und LOMB (DUKE-ELDER) (Abb. 59).

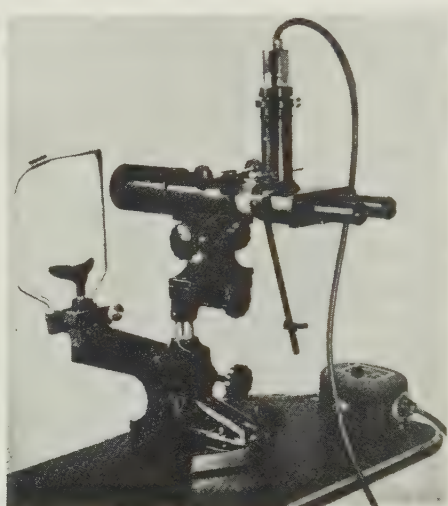
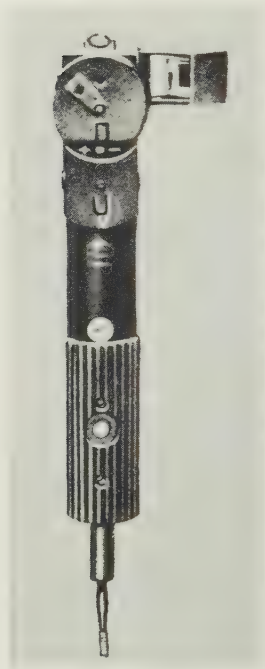


Abb. 59: (oben) Reflexfreier indirekter Augenspiegel von BAUSCH und LOMB (nach DUKE-ELDER).

Abb. 58: (links) Elektrischer reflexfreier Handaugenspiegel nach GRAFF und TIETZE (nach VELHAGEN).

Sämtliche heute gebräuchlichen Handaugenspiegel beruhen bei der Reflexbeseitigung an den brechenden Medien auf dem Halbierungsprinzip der Strahlengänge. Ein besonders feiner Wendeldraht in den Glühlampen reduziert die restlichen Reflexe auf ein Minimum, sie sind zusätzlich noch weiter zu unterdrücken, wenn man das Wendelbild beim Spiegeln in die untere Hälfte der Pupille wirft. Eigentlich ist jeder Augenspiegel reflexlos, der Beleuchtungskegel muß nur schmal genug sein und durch eine randnahe Stelle der Pupille ins Auge geleitet werden (GRAFF).

4.2 Ophthalmochromoskopie

Die Augenhintergrunduntersuchung mit farbigem Licht bezeichnet man auch als Ophthalmochromoskopie.

Die Forscher der siebziger und achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts verleitete zum Ophthalmoskopieren mit farbigem Licht zunächst der Wunsch, eventuell den Sehpurpur im lebenden Auge sichtbar zu machen (VOGT). Ausgewählte Wellenlängen sind nämlich geeignet, bestimmte Strukturen des Augenhintergrundes hervorzuheben. Daß man bei Untersuchungen im spektralen Licht unter Umständen mehr sieht als im weißen, liegt an den besonderen Absorptions-, Reflexions- und Durchlässigkeitsverhältnissen der verschiedenen Fundusschichten.

Der Entdecker des Sehpurpurs, BOLL (1877), war wohl der erste, der mit farbigem Licht experimentierte. Er benutzte zum Spiegeln nicht nur spektrales, sondern bereits gemischtes farbiges Licht (VOGT).

BEZOLD (1877) hatte die Idee, mittels Augenspiegel ein durch Prismen zerlegtes Spektrum auf den lebenden Fundus zu werfen, um im Simultanvergleich die Einzelfarben zu studieren (PANNARALE). So sah schon er, wie später GULLSTRAND und andere Autoren, im Bereich des Grün "die Gefäße tief schwarz, in wunderbar scharfer Zeichnung, im blauen aber in dunkelbraungelbem Tone" (VOGT).

Auch KÜHNE, der mit monochromatischem Licht spiegelte, fiel z.B. bei rein gelbem Licht die schwarze Farbe der Gefäße auf. Später spiegelten noch mit gelbem Licht KLEEFELD (1935), BICHELONNE et coll. (1935) und BALLANTYNE (1938), vorwiegend mit Natriumlicht (PANNARALE).

VALENTIN (1878, 1881), verwendete außer Mischungen auch reine Intensivlichter, nämlich Emissionen von Metallen und absorbierende Filter (VOGT, PANNARALE).

NEUSCHÜLER (1897, 1898), der mit farbigen Mischungen arbeitete, erkannte unter anderem, daß im roten Filterlicht sich die Arterien durch Unsichtbarwerden von den Venen unterschieden.

1903 experimentierte MAYOU mit einer Quecksilberdampf Lampe, deren Spektrum im Rot und Gelb abgeschwächt war. Ihm erschienen die Gefäße purpurn, der Fundus grün und die Aderhaut viel dunkler als die Netzhaut. THIEL (1934) und HILDRETH (1938) arbeiteten ebenfalls mit Quecksilberdampflampen, deren Beleuchtungsstärke zwar

höher war als die der Bogenlampe, jedoch deren Leuchtdichte nicht übertreffen konnte (HEYDENREICH).

GULLSTRAND (1905) kam einer Rotfreiophthalmoskopie noch näher als MAYOU. Er benutzte eine nahezu rotfreie Quecksilberdampf Lampe zum Untersuchen. Dabei beschrieb er das Tiefschwarzerscheinen von Netzhautgefäßen und Blutungen in klassischer Art. DIMMER, der mit Filtern arbeitete, bestätigte GULLSTRANDs Befunde (1907). GULLSTRAND nahm zielbewußt diese rotarme Lichtquelle, um das eventuelle Gelb der Makula zu sehen. Da ihm das aber nicht glückte, meinte er schließlich, es existiere gar nicht (VOGT).

Die Frage einer Vorläuferschaft der Erfindung der Rotfreiophthalmoskopie schrieb VOGT höchstens MAYOU und GULLSTRAND zu und nicht HELMBOLD, der sie für sich forderte. "Erst das von mir verwendete Bogenlicht besaß die ausreichende spezifische Helligkeit, um einerseits die gelbe Lackfarbe durch innere Reflexion zutage treten zu lassen, andererseits durch den kurzwelligen Abschnitt die Opazität und die Nervenfaserverzeichnung der Retina herauszuheben. Dass dabei auch die Netzhautgefäße schwarz erscheinen, war ein sekundärer, bei Abwesenheit des Rot schon 1877 und 1905 erhobener Befund" (VOGT). Noch im Jahre der Veröffentlichung seiner Erfindung vermutete VOGT, daß die Makulafärbung nicht auf eine Lackfarbe der Netzhaut, sondern auf eine selektive Absorption ihrer Schichten zu beziehen war. Das von ihm benutzte Licht war zwar auch grün, hatte aber eine andere Zusammensetzung als das von HELMBOLD angegebene. 1910 nahm dieser, wie GINESTOUS (1911) und HEINE (1928), ein durch Prismen hergestelltes Spektrallicht einer Nernstlampe (PANNARALE, VOGT).

Rotfreies Licht besteht aus grünen, gelben, blauen und violetten Strahlen und erscheint deshalb grün, weil die rote Komponente fehlt. In homogen grünem Licht erweisen sich rote, gelbe, blaue und violette Farbstoffe als schwarz, also auch die Macula lutea.

HELMHOLTZ hat als erster die Makula am lebenden Auge gesehen. Sie erschien ihm als gelbgrauer Reflex ohne

Kapillaren im Licht einer Öllampe. Erstaunlicherweise haben alle Forscher nach ihm nicht die gelbe Makulafarbe gesehen, obwohl sie ja längst bekannt war (EIDENBENZ). 1894 wurde sie durch DIMMER wiederentdeckt. Er kannte nicht HELMHOLTZ' Befund und untersuchte mit Sonnenlicht. Auch GULLSTRAND wußte nichts von HELMHOLTZ' Entdeckung.

VOGT machte langen Streitereien über dieses Problem ein Ende, als es ihm gelang, die intravitale Gelbfärbung der Makula zu beweisen. 1913 gab er eine Methode an, welche am lebenden Auge die Wahrnehmung einer Gelbfärbung der Makulagegend gestattete. Er hatte zwei Jahre daran gearbeitet. Es tauchten außerdem Fundusdetails auf, die bei gewöhnlicher Beleuchtung nicht sichtbar sind, besonders die Nervenfasern der Netzhaut, feinste Makulaveränderungen, kleinste Blutungen usw. Bereits 1906 erkannte GULLSTRAND, daß die gelbe Farbe der Makula nicht durch eine Netzhautfärbung hervorgerufen wird, obzwar damals noch gar nicht sicher feststand, ob die lebende Makula tatsächlich gelb gefärbt ist. Hauptsächlich der Rotanteil des Lichtes verdeckt aber das Erkennen dieser Gelbfärbung. Er muß erst aus dem Beleuchtungslicht entfernt werden. VOGT empfahl als bestes Licht eine Mischung aus etwa gleichen Teilen Gelb und Blau. Er nahm zwei Flüssigkeitsfilter, die bei guter Durchlässigkeit für Gelb und Blau das Rot völlig absorbierten. Es handelte sich um wässrige Lösungen von Kupfersulfat und Erioviridin B (einen Anilinfarbstoff), durch die das Licht einer Gleichstrom-Projektionslampe (1200-1500 W) mit Chromkohlen geschickt wurde. Kupfersulfat eliminiert das Infrarot, Erioviridin das sichtbare Rot und Orange (PANNARALE). VOGT spiegelte bei erweiterter Pupille mit dem HAABschen Augenspiegel im aufrechten Bild. Über die diagnostische Bedeutung seiner Erfindung konnte er noch nichts aussagen. Die Methode war wenig im Gebrauch, da es schwierig war, eine genügend starke Gleichstromquelle zu erhalten.

In der Folgezeit wurde sie jedoch von vielen Forschern aufgegriffen, die sie durch andere Filter und Lichtquellen zu vereinfachen und zu verbessern suchten.

In einer Dissertation von AFFOLTER (1916) kommt lediglich zum Ausdruck, daß bisherige Ersatzlösungen der Rotfreiophthalmoskopie VOGTs unzureichend seien. Bei eigenen Untersuchungen wurden Absorptionsfilter benutzt (1917) (PANNARALE).

HEINE (1918) experimentierte mit einer Mikrobogenlampe von Leitz und einer Mattbirne von 50-100 W in Kombination mit einem fotografischen Lichtfilter. Weil die Lichtquelle zu schwach und das Filter ungeeignet waren, sah er nicht das Makulagelb. So erging es auch CANTONNET (1920, 1924) (EIDENBENZ).

HOLM (1923) versuchte es mit einer Bogenlampe und Filtern aus gefärbtem Glas und Gelatine. Leider fehlt die Angabe, ob er Gleich- oder Wechselstrom verwendete. Jedenfalls erkannte er eine sichere Gelbfärbung von 1/3 Papillendurchmesser um den Fixierpunkt (EIDENBENZ).

A.S. und L.D. GREEN (1923) zogen die festen Filter von Zeiss denjenigen von CANTONNET und der Eastman Kodak Company, die aus verschiedenen farbigen Gläsern bestanden, vor. Sie konstruierten eine tragbare Bogenlampe und erwähnten auch ein von BAUSCH und LOMB gefertigtes Ophthalmoskop mit einem Filter, das ein größeres Gesichtsfeld ermöglichen sollte (EIDENBENZ). Die Arbeiten von DOBSON (1926, 1928, 1929) brachten ebenfalls keine Verbesserung der VOGTschen Technik.

LAUBER (1922, 1929) gab verschiedene Lichtquellen (Sonnenlicht, 3000-W-Projektionslampe, 60-W-Kinoprojektionslampe mit Rheostat, Nitratlampe) an und der VOGTschen Methode ebenbürtige Flüssigkeitsfilter aus Filterblaugrün und Toluidinblau. Seine Ergebnisse kamen der idealen Lichtquelle zwar näher, konnten sie aber nicht ersetzen.

Es besteht eine Abhängigkeit der spektralen Zusammensetzung des Lichtes von der Temperatur, indem bei steigender Temperatur der Gehalt an roten Strahlen abnimmt, ein Prinzip, das bei der Bogenlampe ausgenützt wird. Daraus ergibt sich, daß bei vollständiger Ausfilterung der roten Strahlen die Lichtausbeute bei Lichtquellen mit verhältnismäßig niedriger Temperatur ungünstig ist. Daher haben die gängigen Augenspiegel nur rot-schwaches Licht. Am besten liegen die Verhältnisse nach wie vor bei der Bogenlampe, die Temperaturen zwischen 3000 und 4000° C aufweist. Bei Sonnenlicht versuchte

LAUBER die sonst zu starken Reflexe durch eine Mattscheibe auszuschalten. Die Ergebnisse wären besser als bei der Bogenlampe, auch in der Darstellung der Nervenfasern. Bei Spiegelung mit einer 3000-W-Projektionslampe von Osram trat das Makulagelb nicht besonders gut hervor. Eine von Zeiss gebaute rotfreie Nitratlampe empfahl LAUBER (1930) als vielseitig verwendbar in der Praxis. Sie ließ sich an der Spaltlampe befestigen und lieferte auch sonst brauchbares Ophthalmoskopierlicht. Nervenfasern, Blutgefäße und Blutungen traten so schön hervor wie bei Bogenlicht, jedoch bezeichnete VOGT es als Nachteil, daß das Makulagelb nicht so gut sichtbar wurde. Für die Praxis wäre die Lampe aber meist genügend. Auf Grund der vielen neu entdeckten Befunde bemerkte LAUBER schon damals, daß die differentialdiagnostischen Möglichkeiten der Rotfreiophthalmoskopie weit besser ausgeschöpft werden könnten.

Vergleiche, die FRANCESCHETTI und MÜLLER (1930, 1933) anstellten, ergaben auch eine Unterlegenheit der LAUBERschen Nitratlampe gegenüber VOGTs Bogenlampe. Die hohe spezifische Lichtstärke der Bogenlampe ließ ihre Nachteile - kleiner beleuchteter Netzhautteil, relativ schmales Lichtbündel, das etwas schwieriges Spiegeln im aufrechten Bild mit sich bringt - in Kauf nehmen. Da die spezifische Helligkeit von Gleichstrombogenlampen etwa 40 % über der mit Wechselstrom gespeisten lag, ließ FRANCESCHETTI eine Wechselstromlampe bauen, die der Gleichstromapparatur nicht wesentlich nachstand. Sie sollte auch in der Praxis die Rotfreiophthalmoskopie erleichtern.

Auch PAVIA, dessen erste Versuche auf das Jahr 1927 zurückgingen, kam zu dem Ergebnis, daß bei der Rotfreiophthalmoskopie zufriedenstellende Ergebnisse nur mit der Bogenlampe zu erzielen wären. Er wandelte die NORDENSON-Kamera durch Einbau eines rotfreien Filters in ein Ophthalmoskop um.

Der von THORNER (1930) benutzte stereoskopische Augenspiegel von 1928 sollte sich gut für die Rotfreiophthalmoskopie eignen. Das Gerät, das eine Metallfadenlampe

hatte, wurde von VOGT wiederum als vollkommen unbrauchbar befunden, da Hohlspiegel und Sammellinsen nämlich die spezifische Helligkeit nicht steigern. 1933 gelang es THORNER schließlich, mit seinem großen Ophthalmoskop trotz Verwendung einer Metallfadenlampe die gleiche Helligkeit zu erreichen, wie sie bisher nur bei der VOGT-schen Originalmethode möglich war. Zusätzlich wurden die Vorteile der reflexlosen Ophthalmoskopie geboten.

Der Versuch METZGERS (1923), als Beleuchtungsquelle ein Fahrradbirnchen zu nehmen, war natürlich von vornherein zum Scheitern bestimmt (EIDENBENZ).

Es lag auch nahe, die beiden von GULLSTRAND vorgeschlagenen Ausführungsformen der stereoskopischen Ophthalmoskopie zur Rotfreibeobachtung zu nehmen. In seinem großen Ophthalmoskop war aber die keilförmige Glasplatte eingebaut, die höchstens zehn Prozent Licht reflektierte. Es war daher eine für die damalige Technik nicht herstellbar starke Lichtquelle erforderlich. Die vereinfachte Methode mit Konvexlinse ist zwar versuchsweise herangezogen worden, jedoch trat das Makulagelb wegen der hellen Mittelreflexe der Linse nicht hervor (THORNER).

FRANCESCHETTI und MÜLLER dagegen kombinierten das vereinfachte GULLSTRAND-Ophthalmoskop mit einer Gleichstrombogenlampe. Das Makulagelb erschien deutlich im rotfreien Licht, der stereoskopische Effekt war begrüßenswert. Allerdings wurde der fokale Schnitt durch diffuses Licht ersetzt, was die Methode zur Diagnostik zystoider Makulaerkrankungen, zum Nachweis der Nervenfaserverzeichnung und ihrer Degenerationen nicht geeignet erscheinen ließ (EIDENBENZ).

Mit langwelligem Licht, vor allem dem der Natriumdampflampe der Fa. Zeiss, experimentierten TSCHERNING (1938), KLEEFELD (1935), BALLANTYNE (1936, 1939), SERR (1937), PAVIA (1937) und GROSZ (1938). Getrübte Medien und die Netzhaut wurden durchdrungen und die Aderhautgefäße erschienen mattschwarz. Es gelang mit dieser Lichtart besonders gut die Unterscheidung zwischen Netzhautriß und Netzhautblutung (HEYDENREICH).

Zur damaligen Zeit konnte also eine wirkliche Rot-freiophthalmoskopie nur mittels direktem fokalem Licht des Kraters einer Gleichstrombogenlampe durchgeführt werden. Die Größe des beleuchteten Feldes ist abhängig von der Kratergröße der Bogenlampe und vom Winkel zwischen Beleuchtungseinrichtung und optischer Längsachse des untersuchten Auges. Je kleiner dieser Winkel ausfällt, desto größer ist der beleuchtete Bezirk auf der Netzhaut. Jedoch wird bei einem kleinen belichteten Areal der fokale Beleuchtungseffekt gesteigert (EIDENBENZ).

So wurde lange Zeit die VOGTsche Methode beibehalten, da es noch keinen gleichwertigen Ersatz für die von ihm empfohlene Bogenlampe gab. Es war nicht möglich, eine hinreichend große spezifische Helligkeit mit einer anderen Lichtquelle zu erreichen. Einzige Verbesserung war, daß die ursprünglichen Flüssigkeitsfilter durch feste Gelatinefilter der Fa. Zeiss ersetzt wurden.

STOCKER experimentierte in den dreißiger Jahren auch mit einer Natriumdampflampe. Er stellte 1939 einen wahlweise mit dem indirekten oder direkten Augenspiegel zu gebrauchenden Apparat vor und wies auf die Nützlichkeit seiner Anordnung hin. Da das Licht die Pupille nicht so sehr verengte, konnte man auch ohne Mydriasis auskommen (POTTS).

Ausgezeichnete Arbeit leistete KUGELBERG (1932, 1934), der die Fotografie in den Dienst seiner Experimente stellte. Trotz damals technischer Unzulänglichkeiten der Fotoausrüstung und der Schwierigkeit, schmale Spektralbänder zu erhalten, hat er mit seiner Methode bemerkenswerte Beobachtungen gemacht. Eindeutig beschrieb er die Undurchsichtigkeit der Netzhaut für kurze Wellenlängen und ihre Durchlässigkeit für lange, ebenso die schwache Sichtbarkeit von Blut und die hervorragende von Pigment im langwelligen Licht und die Durchsichtigkeit aller intraokularen Strukturen im nahen Infrarot. Offenbar sind aber diese Beobachtungen nicht klinisch genutzt worden, da eine Foto-

grafie des fundus im infraroten Licht wenig Vorteil bietet.

KORNERUP (1947) benutzte Monochromatoranlagen in Verbindung mit Bogenlicht und untersuchte mit Spaltlampe und HRUBY-Linse. Die Wellenlänge des Lichtes konnte kontinuierlich verändert werden. Er stellte Absorptions-Reflexionskurven auf, mit denen auch schon KUGELBERG arbeitete, ohne sie jedoch quantitativ für pathologische Funduskennzeichen auszuwerten. Im grünen und noch gelben Spektralbereich neben sich die Gefäße scharf vom Untergrund ab. Mit Verlängerung der Wellenlänge des Lichtes werden sie zunehmend unsichtbar. KUGELBERG und später KORNERUP leiteten hieraus eine Meßmethode ab, indem sie diejenige Wellenlänge suchten, bei der die Arteriolen am Augenhintergrund gerade auftauchten bzw. verschwanden ($L/K\text{-Wert} = \text{Langwert/Kurzwert}$) (HEYDENREICH). Es ergaben sich dabei signifikante Unterschiede zwischen normalen und arteriosklerotisch veränderten Gefäßen. Da die Ergebnisse von der Gefäßdicke und der Funduspigmentierung abhängig sind, stellen sie Vergleichs- und keine Absolutwerte dar.

Gut brauchbare Rotfreiophthalmoskopie läßt auch der Augenspiegel der Zeiss-Opton-Werke zu, bei dem mit Hilfe des pankratischen Beleuchtungssystems mehrfache Steigerung der Helligkeit erreicht werden kann.

Die Rotfrei- oder zumindest Rotarmophthalmoskopie wird heute längst routinemäßig bei allen guten Augenspiegeltypen und der Spaltlampenmikroskopie des Augenhintergrundes angewandt. Serienmäßig in die Geräte eingebauten Filter lassen den mühseligen Weg der Entwicklung dieses Zweiges der Ophthalmoskopie nicht mehr erkennen.

4.3 Autoophthalmoskopie

Unter Autoophthalmoskopie wird die Betrachtung des eigenen Augenhintergrundes verstanden. Diese Methode der Fundusbeobachtung ist von vorwiegend theoretischem Interesse, in der Praxis hat sie nie irgendwelche Bedeutung erlangt. Abgesehen von Medientrüben sind Fundusveränderungen wohl schwerlich exakt zu beurteilen, zumal die Ausdehnung des Gesichtsfeldes sehr beschränkt ist und das beobachtende Auge normal konfiguriert sein muß, um überhaupt verwertbare Einzelheiten am anderen erkennen zu können.

Bei den einzelnen vorgeschlagenen Methoden sind hauptsächlich zwei Techniken vorherrschend, die die Betrachtung sowohl im aufrechten wie im umgekehrten Bild ermöglichen (BREITENMOSE):

A mit zwei Spiegeln und

B mit einem Planspiegel und einem Prisma.

Dabei stehen der Untersuchung drei Möglichkeiten offen:

1. Selbstbetrachtung des einen Auges mit dem anderen Auge im direkten Bild,
2. Selbstbetrachtung des einen Auges mit dem anderen Auge im indirekten Bild und
3. Selbstbetrachtung des Fundus mit dem betrachteten Auge.

Zur schwierigen Untersuchung außerhalb der Makula ist die Einschaltung von Prismen oder eine bestimmte Spiegelneigung erforderlich. Dem Blick in die Peripherie sind aber naturgemäß recht enge Grenzen gesetzt.

Die erste Beschreibung einer möglichen Autoophthalmoskopie stammt bereits von HELMHOLTZ (1851, aufrechtes Bild): "Ein jeder kann nun auch in ähnlicher Art mit Hilfe eines Stückchen ebenen Glases eines seiner eigenen Augen leuchten sehen. Er trete vor einen Spiegel, stelle seitwärts eine Lampe auf, halte das Glas vor sein rechtes

Auge so, dass er darin die Flamme gespiegelt sieht, und wende es so, dass das Flammenbild mit dem Spiegelbilde seines linken Auges zusammenfällt; dann sieht sein linkes Auge das Spiegelbild seiner rechten Pupille leuchten, aber allerdings nur schwach, weil das Netzhautbildchen auf die äussere Seite des Auges ziemlich entfernt von dem Sehnerven fällt." Die Papille konnte HELMHOLTZ auf diese Weise nicht sehen.

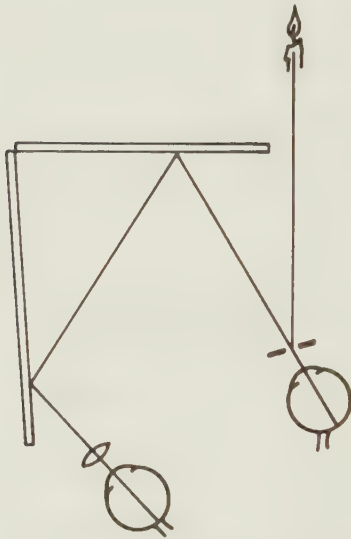


Abb. 60: (oben) Autoophthalmoskopie nach COCCIIUS (1851) (nach BREITENMOSER).

Abb. 61: (links) Methode nach ZEHENDER (1863) (nach BREITENMOSER).

COCCIIUS (1853) konstruierte ein Autoophthalmoskop aus einer Konvexlinse und einem zentral vom Belag befreiten Planspiegel, in dem sich das Auge im aufrechten Bild selbst sieht (Abb. 60). Die Spiegelfläche ist dem Auge zugekehrt, das erhaltene Bild also seitenverkehrt. Die von der beleuchteten Netzhaut reflektierten Strahlen können zur Makula gelenkt werden (MÜLLER, BREITENMOSER). BUROW versuchte so den Durchmesser der Makula zu bestimmen, PURTSCHER meinte, es sei sogar möglich, den Venen-

puls auf der Papille zu erkennen.

ZEHENDER verwendete 1863 zwei winkelig zueinanderstehende Planspiegel, in denen ein Auge sich selbst betrachten kann (LANDOLT und LANGENHAN) (Abb. 61).

Im gleichen Jahr wurde von HEYMANN zum ersten Mal eine indirekte Methode der Autoophthalmoskopie angegeben. Das komplizierte System erforderte drei Linsen, einen durchbohrten Spiegel und ein Prisma (Abb. 62).

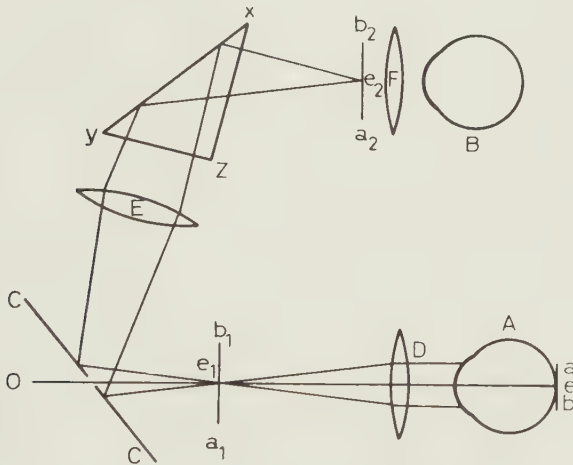


Abb. 62: Methode nach HEYMANN (1863) (nach BREITENMOSER).

Ähnliche Anordnungen beschrieben GIRAUD-TEULON (1863), PROSKAUER (1894), HEINE (1899) und WESSELY (1897, 1906) (MÜLLER, BREITENMOSER). LIEBREICH soll bereits 1854 gleichartig verfahren haben, ohne aber Entsprechendes zu veröffentlichen (FURTSCHER).

WESSELYs Autoophthalmoskop lehnte an die Methode von ZEHENDER an. Hier werden mittels zweier Spiegel, die im Winkel von 85° zueinander stehen, die Strahlen von einem zum anderen Auge hingelenkt. Vor dem beobachtenden Auge

befindet sich ein durchlochter Spiegel, der das Licht über den Winkelspiegel in das zu betrachtende Auge wirft, vor das dann eine Ophthalmoskopierlupe gebracht wird. Man erhält so ein umgekehrtes Fundusbild.

Auch ESSER (1923) beschrieb eine Anordnung, mit der er seinen linken Fundus durch die erweiterte Pupille mit dem rechten Auge und dem SIMONSchen Augenspiegel mit einem +12-Glas in einem Planspiegel im umgekehrten Bild spiegeln konnte.

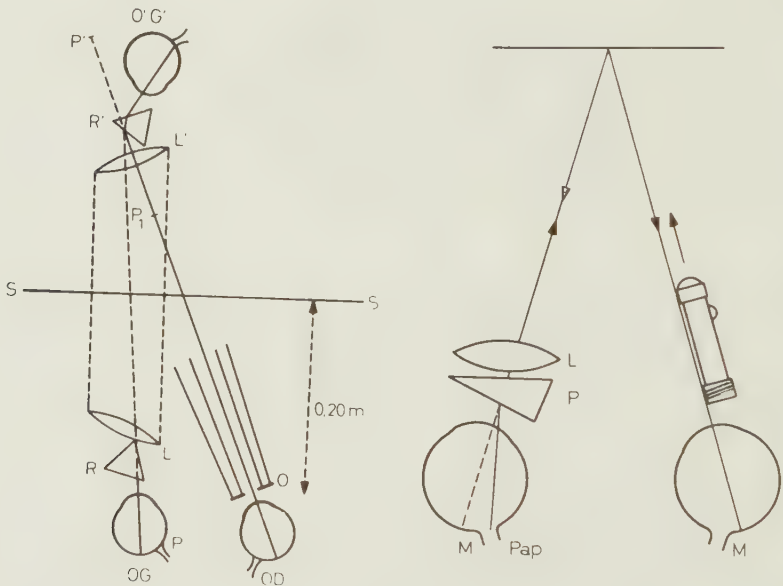


Abb. 63: (links) Methode nach VIANNA (1935). SS Planspiegel, R Prisma. Hinter dem Spiegel virtuelle Bilder der Lupe (L'), des Prismas (R') und des Auges (O'G') (nach BREITENMOSER).

Abb. 64: (rechts) Methode nach LEYDHECKER (1937) (nach BREITENMOSER).

Eine weitere Möglichkeit, ein virtuelles Bild des anderen Auges zu erhalten, stammt von VIANNA (1935). Erforder-

derlich sind ein Planspiegel, ein Dreikantprisma und eine Lupe (Abb. 63). Der Kopf befindet sich bei der Untersuchung 20 cm vor dem Spiegel. Daumen und Zeigefinger der einen Hand halten das Prisma, Basis nasal, Mittel- und Ringfinger die Lupe. Prisma und Lupe sind 3 cm, Auge und Lupe 4,5 cm voneinander entfernt. Das Bild wird mit einem elektrischen Augenspiegel angesehen (HEYDENREICH).

Eine Modifikation dieser Methode, die einiges Geschick erfordert, kommt von LEYDHECKER (1937) (Abb. 64). Die Beleuchtung geschieht nur mit einer Stabtaschenlampe, über die hinwegvisiert werden muß (BREITENMOSEER).

5. Zusammenfassung

Es wird an Hand der äußerst umfangreichen und oft schwer zugänglichen Literatur der geschichtliche Werdegang des Augenspiegels bis 1950 dargestellt. Dabei finden auch seine wichtigsten speziellen Entwicklungen Berücksichtigung.

Beobachtungen des Augenleuchtens bei Tieren, dessen Erklärung zur Erfindung des ersten Augenspiegels durch Hermann von HELMHOLTZ (1850) führte, lassen sich bereits in der Antike nachweisen. Vorläufer des Augenspiegels wurden in ihrer Bedeutung nicht erkannt. Die rätselhaften Erkrankungen, die bislang unter der eher nichtssagenden Verlegenheitsdiagnose des "Schwarzen Stares" zusammengefaßt waren, konnten detailliert beschrieben werden, als es gelang, in das Auge hineinzusehen. Das einzigartige Gerät, dessen Prinzipien Grundlage für alle medizinischen Endoskope wurden, fand rasch weltweite Verbreitung und erschloß die wichtigste Untersuchungsmethode für den Augenarzt. Im folgenden ungeheuren Aufschwung der Augenheilkunde wurden deren vielfältige Verzahnungen mit den anderen medizinischen Fachdisziplinen aufgedeckt.

Der Augenspiegel ermöglichte durch seine technische Entwicklung mehrere spezielle Untersuchungsmethoden. In den ersten zehn Jahren nach seiner Vorstellung waren bereits die Untersuchung im aufrechten und umgekehrten Bild bekannt, ebenso Plan-, Konkav- und Konvexspiegel sowie Reflexminderung durch Immersion und Polarisierung und die Autoophthalmoskopie. Die 1852 erdachte Rekoßscheibe führte zum Begriff des Refraktionsaugenspiegels. Sie ist heute in jedem Handaugenspiegel zu finden. Zu Lehrzwecken dienten schon sehr früh Demonstrationsaugenspiegel. 1861 erschien das erste Binokularophthalmoskop, dessen Aufbau selbst in jüngerer Zeit noch als Vorlage

für ähnliche Konstruktionen galt.

Die elektrische Beleuchtung wurde erst allgemein üblich, als THORNER, WOLFF und GULLSTRAND die Methoden zur Reflexbeseitigung an den brechenden Medien des untersuchten Auges perfektionierten. Alle gebräuchlichen Augenspiegel orientierten sich seitdem vorwiegend an den geometrischen Prinzipien der Reflexlosigkeit.

Aufrechte und umgekehrte Untersuchungsweise erfreuten sich im Laufe der Zeit wechselnder Beliebtheit. Die Kompliziertheit und der hohe Preis vieler monokularer und binokularer Geräte verdroß so manches Mal die Praktiker, so daß immer wieder auch einfach konzipierte Augenspiegel empfohlen wurden.

1913 entdeckte VOGT die Ophthalmoskopie im rotfreien Licht, die neue differentialdiagnostische Kriterien aufdeckte. Vorläufer waren die Autoren, die durch ihre Forschungen mit ausgewählten Lichtwellenlängen den Sehpurpur sichtbar machen wollten. KUGELBERG und KORNERUP leiteten als vorläufigen Höhepunkt der Ophthalmochromoskopie Meßmethoden ab, um die Ergebnisse quantitativ auszuwerten.

Etwa parallel hierzu entwickelte sich die binokulare Spaltlampenbiomikroskopie, erfunden von KOEPPE und vorerst ausgereift in der HRUBY-Linse und im Dreispiegelkontaktglas von GOLDMANN. Die Prinzipien des Kontaktglases gehen auf die Beobachtungen von LA HIRE, COCCIUS und CZERMAK aus dem 17. und 18. Jahrhundert zurück. Eng verbunden mit der Binokularophthalmoskopie ist die Entwicklung der fokalen Beleuchtung des untersuchten Netzhautareals, die auch in monokularen Augenspiegeln Verwendung findet.

Schließlich wird die Autoophthalmoskopie erwähnt, die aber ohne Interesse für die Praxis geblieben ist.

Gegen 1950 war die Entwicklung des Augenspiegels soweit abgeschlossen, daß dem Augenarzt heute technisch

und optisch so vollkommene Geräte zur Verfügung stehen, daß bei seinen diagnostischen Fähigkeiten eigentlich kaum noch Wünsche offenbleiben.

6. Literaturverzeichnis +)

AMSLER, A.:

demonstriert das Ophthalmoskop, das an der Lausanner Klinik gebraucht und von Haag-Streit, Bern, hergestellt wird. Klin. Mbl. Augenheilk., 97, 674 (1936).

BAUM, F.:

Ophthalmo-Fundoskop. Ein neues Instrument zur Untersuchung des Augenhintergrundes in bisher nicht erzielten Vergrößerungen bei reflexlosem Bilde. Klin. Mbl. Augenheilk., 47, 161 (1909).

BAUM, F.:

Ein neues reflexloses Ophthalmoskop. Klin. Mbl. Augenheilk., 51, 693 (1913).

BAUMEISTER:

Demonstration eines Augenspiegels. 14. Ber. O. G. Heidelberg, 174 (Enke, Stuttgart 1882).

BERGER, E.:

Ein Augenspiegel zur selbstthätigen Linsenauswechslung. Klin. Mbl. Augenheilk., 33, 99 (1895).

BREITENMOSER, R.:

Auto-Ophthalmoskopie am Orthoskop. Ophthalmologica, 154, 521 (1967).

BRÜCKE, E.:

Ueber das Leuchten der menschlichen Augen. Arch. f. Anat., Physiol. u. wissensch. Med., 225 u. 479 (1847).

BRÜCKNER, A.:

Ophthalmoskopie. In: SCHIECK-BRÜCKNER, Kurzes Hdb. d. Ophthalmologie, 2, 862 (Springer, Berlin 1932).

BULLOCK, J.D.:

Auto-ophthalmoscopy. Arch Ophthal., Chicago, 78, 422, (1967).

+) Bei einigen älteren Autoren war der Vorname nicht angegeben und nicht aufzufinden.

BUROW, A.:

Ueber Construction heterocentrischer Augenspiegel
und deren Anwendung. Graefes Arch. Ophthal., 3,
68 (1857).

BUROW, A.:

Notiz betreffend die Beobachtung des eigenen Augen-
hintergrundes. Graefes Arch. Ophthal., 9, 155 (1868).

CHANCE, B.:

Short studies on the history of ophthalmology.
I. The coming of the ophthalmoscope into England.
Arch. Ophthal., Chicago, 13, 348 (1935).

COMBERG, W.:

Elektrischer Augenspiegel mit schmalem Lichtbüschel
und Wendelinse. 48. Ber. dtsh. O. G. Leipzig,
452 (1932).

COMBERG, W.:

Hermann von Helmholtz als Erfinder des Augenspiegels.
Hundert Jahre Augenspiegel. Berlin 10.12.1950, 7
(Thieme, Leipzig 1951).

CORDES, F.C.:

Indirect ophthalmoscopy. Amer. J. Ophthal., 49, 380
(1960).

CRZELLITZER, A.:

Die Erfindung des Augenspiegels. Klin. wbl. Augenheilk.,
40, 58 (1902).

CUSTODIS, E.:

Die v. Groszsche Hammerlampe als Augenspiegel.
Klin. wbl. Augenheilk., 98, 667 (1937).

DEKKING, H.M.:

Reflexfreies Ophthalmoskop. Klin. Mbl. Augenheilk.,
87, 550 (1831).

DEKKING, H.M.:

Ein einfaches reflexfreies Ophthalmoskop. Graefes
Arch. Ophthal., 128, 355 (1932).

DOBSON, M.A.:

Ophthalmoskopie bei rotfreiem Licht. Klin. Mbl.
Augenheilk., 83, 578 (1929).

DUKE-ELDER, S.:

System of ophthalmology. VII The foundations of
ophthalmology, 265 u. 290 (Kimpton, London 1962).

EIDENBENZ, Ch.:

Die Macula lutea und ihre Umgebung im Lichte bisher
empfohlener Methoden der rotfreien Ophthalmoskopie.
Klin. Mbl. Augenheilk., 89, 433 (1932 a).

EIDENBENZ, Ch.:

"Rotfreies" oder "grünes" Licht? Klin. Mbl.
Augenheilk., 89, 445 (1932 b).

ENGELKING, E.:

Dokumente zur Erfindung des Augenspiegels durch
Hermann von Helmholtz im Jahre 1850. (Bergmann,
München 1950).

ENGELKING, E.:

Hermann von Helmholtz in seiner Bedeutung für die
Augenheilkunde. 56. Ber. dtsch. O. G. Heidelberg,
12 (Bergmann, München 1951).

ESSER, A.:

Einige Bemerkungen zur Autoophthalmoskopie.
Klin. Mbl. Augenheilk., 71, 759 (1923).

ESSER, A.:

Zur Geschichte der Erfindung des Augenspiegels.
Klin. Mbl. Augenheilk., 116, 1 (1950).

EVANS, J.N.:

Slitlamp ophthalmoscopy. Describing a new instrument.
Amer. J. Ophthal., 15, 1144 (1932).

FISON, L.:

Binocular ophthalmoscopy. Mod. Probl. Ophthal.,
5, 24 (Karger, Basel/New York 1967).

FISON, L.:

Ophthalmoscopy. Trans. ophthal. Soc. N. Z.,
20, 43 (1968).

FRANCESCHETTI, A. und H.K. MÜLLER:

Zur Technik des Rotfreispiegelns. 48. Ber. deutsch.
O. G. Heidelberg, 357 (Bergmann, München 1930).

FRANCESCHETTI, A.:

Demonstration einer kleinen Rotfreilampe für den
praktischen Augenarzt. Klin. Wbl. Augenheilk.,
92, 411 (1934).

GASTEIGER, H.:

Überblick über die Fortschritte der Augenheilkunde
auf Basis der Ophthalmoskopie. Hundert Jahre Augen-
spiegel. Berlin 10.12.1950, 47 (Thieme, Leipzig 1951).

GOLDMANN, H.:

Fokale Beleuchtung. In: STRAUB, Die ophthalmologischen
Untersuchungsmethoden, 1, 104 (Enke, Stuttgart 1970).

GRAEFE, B.H.v.:

Albrecht von Graefe Mensch und Umwelt. (Karl Thieme,
München 1969).

GRAFF, Th.:

Ein neuer reflexloser Augenspiegel. 52. Ber. deutsch.
O. G. Heidelberg, 427 (Bergmann, München 1938).

GRAFF, Th.:

Die notwendige und hinreichende Bedingung für die
Beseitigung des Hornhautreflexes. 54. Ber. deutsch.
O. G. Heidelberg, 145 (Bergmann, München 1949).

GRANDMONT, G. de:

Ophthalmoscope à réfraction. Ann. Oculist., 80, 90
(1878).

GREEN, J.G.:

A new modification of Loring's ophthalmoscope.
Trans. amer. ophthal. Soc., 476 (1878).

GREEN, A.S. und L.D. GREEN:

Ophthalmoscopy by red-free light. Amer. J. Ophthal.,
6, 16 (1923).

GRUNERT, K.:

Metallene Augenspiegel. Klin. Mbl. Augenheilk., 44,
261 (1906).

GULLSTRAND, A.:

Neue Methoden der reflexlosen Ophthalmoskopie.
36. Ber. dtsh. O. G. Heidelberg, 75 (Bergmann,
Wiesbaden 1910).

GULLSTRAND, A.:

Die reflexlose Ophthalmoskopie. Knapp. Arch. Augen-
heilk., 101 (1911).

GULLSTRAND, A.:

Das vereinfachte GULLSTRANDSche Ophthalmoskop.
Klin. Mbl. Augenheilk., 67, 118 (1921).

HARTINGER, H.:

Bemerkungen zu dem obigen Artikel des Herrn Dr.
J.L. Pavia. Klin. Mbl. Augenheilk., 88, 383 (1932).

HASELBERG, v.:

Eine bildliche Darstellung des Augenleuchtens bei
Tieren aus dem Jahre 1674. Klin. Mbl. Augenheilk.,
40, 239 (1902).

HAVENER, W.H.:

Schepens' binocular indirect ophthalmoscope.
Amer. J. Ophthal., 45, 915 (1958).

HELMBOLD, R.:

Die Verwendung von Spektrallicht zur Augenuntersuchung. Med. Klin., 42, 1649 (1910).

HELMBOLD, R.:

Bemerkungen zu der Abhandlung "Rotfreies" oder "grünes Licht", von Charlotte Eidenbenz. Klin. Mbl. Augenheilk., 89, 804 (1932).

HELMHOLTZ, H.v.:

Beschreibung eines Augenspiegels zur Untersuchung der Netzhaut im lebenden Auge. (Förstner, Berlin 1851).

HELMHOLTZ, H.v.:

Ueber eine neue einfache Form des Augenspiegels. Arch. f. physiol. Heilk., 11, 827 (1852).

HELMHOLTZ, H.v.:

Handbuch der Physiologischen Optik. 2. Aufl., 202 (Voss, Hamburg/Leipzig 1896).

HENKER, O.:

Einige Zusatzapparate für das grosse Gullstrandsche Ophthalmoskop. 39. Ber. dtsh. O. G. Heidelberg, 350 (Bergmann, München 1913).

HEYDENREICH, A.:

Ophthalmoskopie. In: VELHAGEN, Der Augenarzt, 2. Aufl., 1, 559 (Thieme, Leipzig 1969).

HEYMANN, F.:

Autoskopie des Auges. Klin. Mbl. Augenheilk., 1, 184 (1863).

HIRE, Ph. de la:

Hist. de l'Acad. roy. d. Sc., 90 (Paris 1709).

HRUBY, K.:

Ergebnisse und praktische Bedeutung der Spaltlampenmikroskopie des hinteren Augenabschnittes. 54. Ber. dtsh. O. G. Heidelberg, 14 (Bergmann, München 1949).

HRUBY, K.:

Die Spaltlampenuntersuchung bei Netzhautablösung.
Mod. Probl. Ophthal., 5, 32 (Karger, Basel/New
York 1967).

JEZEWSKI, K.v.:

Ein Vorläufer des Augenspiegels und sein Erfinder.
(Das Ophthalmoscopium des Herrn Wiesel zu Augsburg).
Graefes Arch. Ophthal., 129, 266 (1933).

JÜNGKEN, J.C.:

Die Lehre von den Augenkrankheiten. (Förstner,
Berlin 1842).

LANDOLT, E.:

Ophthalmoskopie. In: GRAEFE-SAEMISCH, Hdb. d. ges.
Augenheilk., 4, 4 (Engelmann, Leipzig 1904).

LANDOLT, E. und F. LANGENHAN:

Ophthalmoskopie. In: GRAEFE-SAEMISCH, Hdb. d. ges.
Augenheilk., 3. Aufl., 1, 234 (Springer, Berlin 1920).

LAUBER, H.:

Neue Lichtquellen für die Untersuchung des Augen-
hintergrundes im rotfreien Licht. Klin. mbl. Augen-
heilk., 82, 692 (1929).

LAUBER, H.:

Ueber Spiegeln im rotfreien Licht. Klin. Mbl.
Augenheilk., 85, 287 (1930).

LEVY, H.:

v. Helmholtz. Centenary of the ophthalmoscope.
Brit. J. Ophthal., 35, 509 (1951).

LINDNER, K.:

Das abgewinkelte Mikroskop zur Untersuchung des
Glaskörpers und des Augenhintergrundes im Licht-
büschel der Spaltlampe. 51. Ber. dtsh. O. G.
Heidelberg, 435 (Bergmann, München 1936).

LITTMANN, H.:

Neue ophthalmologische Geräte der Zeiss-Opton-Werke.
Klin. Mbl. Augenheilk., 117, 81 (1950 a).

LITTMANN, H.:

Das optische Prinzip des Zeiss-Opton Augenspiegels.
55. Ber. dtsh. O. G. Heidelberg, 307 (Bergmann,
München 1950 b).

LOPEZ ENRIQUEZ, M.:

Neue Zusatzeinrichtung für die Mikroskopie des lebenden Auges. Klin. Mbl. Augenheilk., 95, 77 (1935).

LOPEZ ENRIQUEZ, M.:

Weitere Neuerungen zur Untersuchung des Augenhintergrundes mittels Spaltlampe. Klin. Mbl. Augenheilk., 96, 181 (1936).

LORING, E.G.:

A new modification of the ophthalmoscope. Trans.
amer. ophthal. Soc., 489 (1878).

MEESMANN, A.:

Eine einfache Ergänzung zum Combergschen Augenspiegel, Modell 1, zur fokalen Untersuchung des Augenhintergrundes im umgekehrten und aufrechten Bild. 51. Ber. dtsh. O. G. Heidelberg, 434 (Bergmann, München 1936).

MÉRY, M.:

Des mouvemens de l'iris, Et par occasion de la partie principale de l'Organe de la vûe. Hist. de l'Acad. roy. d. Sc., 261 (Paris 1704).

MÜLLER, H.K. und A. FRANCESCHETTI:

Die Beeinflussung der Beleuchtungsintensität des Augenhintergrundes durch verschiedene Rotfreifilter und ihre Bedeutung für die Ophthalmoskopie im rotfreien Lichte. Klin. Mbl. Augenheilk., 90, 633 (1933).

NORDENSON, J.W.:

Allvar Gullstrand. Nachruf von J.W. Nordenson, Upsala.
Klin. Mbl. Augenheilk., 85, 559 (1930).

PANNARALE, M.R.:

Ophthalmoscopie et biomicroscopie en lumière colorée.
Probl. act. Ophthal., 5, 41 (Karger, Basel/New York
1967).

PARENT, H.:

Ophthalmoscope à verres cylindriques. Ann. Oculist.,
40, 130 (1883).

PAVIA, J.L.:

Eine neue Vorrichtung zur Untersuchung des Augenhin-
tergrundes im rotfreien Licht. Klin. Mbl. Augenheilk.,
88, 381 (1932 a).

PAVIA, J.L.:

Entgegnung auf die Bemerkung von H. Hartinger zu
meinem Artikel: "Eine neue Vorrichtung zur Untersu-
chung des Augenhintergrundes im rotfreien Licht".
Klin. Mbl. Augenheilk., 88, 793 (1932 b).

PFLÜGER, E.:

Ein neues Refraktionsophthalmoskop. 15. Ber. O. G.
Heidelberg, 183 (Enke, Stuttgart 1883).

PFLÜGER, E.:

Die Erfindung des Augenspiegels. Klin. Mbl. Augen-
heilk., 40, 241 (1902).

POTTS, A.M.:

Monochromatic ophthalmoscopy. Trans. Amer. ophthal.
Soc., 63, 276 (1965).

PURTSCHER, O.:

Ueber Autoophthalmoskopie. Klin. mbl. Augenheilk.,
72, 632 (1924).

ROTH, A.:

Ein Augenspiegel mit neuem Mechanismus zur selbst-
tätigen Linsenauswechslung. Klin. wbl. Augenheilk.,
32, 256 (1894).

RUETE, Th.:

Der Augenspiegel und das Optometer. (Dietrich,
Göttingen 1852).

SAUTTER, H. und B. RASSOW:

Ophthalmoskopie. In: STRAUB, Die ophthalmologischen
Untersuchungsmethoden, 1, 258 (Enke, Stuttgart 1970).

SCHLEGEL, H.J.:

Die Kontaktglasfundoskopie und ihre Möglichkeiten.
64. Ber. dtsh. O. G. Heidelberg, 240 (Bergmann,
München 1962).

SCHWEIGGER, C.:

Elektrischer Augenspiegel. 21. Ber. O. G. Heidelberg,
30 (1891).

SCHWEITZER, N.M.J.:

History of ophthalmoscopy. Mod. Probl. Ophthal.,
5, 2 (Karger, Basel/New York 1967).

SERR, H.:

Das monochromatische Licht der Natriumdampflampe als
Lichtquelle für den Augenspiegel. Graefes Arch.
Ophthal., 137, 636 (1937).

SORSBY, A.:

History of Ophthalmology. Modern Ophthalmology,
1, 1 (Butterworths, London 1863).

SPANUTH, H.:

Dreissig Jahre reflexlose Ophthalmoskopie.
Z. Augenheilk., 67, 221 (1929).

STRAMPELLI, B.:

Ophthalmoskopische Untersuchung im polarisierten Licht. Boll. Ocul., 14, 595 (1935).

SUBAL:

Okularmikrometer für das Gullstrandsche Ophthalmoskop. Klin. Mbl. Augenheilk., 86, 683 (1931).

THEOBALD, S.:

The evolution of the ophthalmoscope and what it has done for medicine. New York Med. J., 73, 1069 (1901).

THIEL, R.:

Verwenden von Metalldampflampen beim Augenspiegeln. 50. Ber. deutsch. O. G. Heidelberg, 290 (Bergmann, München 1934).

THORNER, W.:

Ein neuer stabiler Augenspiegel mit reflexlosem Bild. Beilagenh. Z. Augenheilk., 2, 90 (1899).

THORNER, W.:

Ein reflexloser Handaugenspiegel. Z. Augenheilk., 24, 1 (1910).

THORNER, W.:

Ein reflexloser, stereoskopischer Handaugenspiegel. 47. Ber. deutsch. O. G. Heidelberg, 483 (Bergmann, München 1929).

THORNER, W.:

Ein Apparat zur stereoskopischen Ophthalmoskopie im rotfreien, fokalen und diffusen Licht. 48. Ber. deutsch. O. G. Heidelberg, 182 (Bergmann, München 1930).

THORNER, W.:

Erklärung zu der Arbeit von Ch. Eidenbenz: "Die Macula lutea und ihre Umgebung im Lichte bisher empfohlener Methoden der rotfreien Ophthalmoskopie". Klin. Mbl. Augenheilk., 89, 806 (1932).

THORNER, W.:

Zur Praxis der Rotfreiophthalmoskopie und der indirekten Netzhautbeleuchtung. Klin. Mbl. Augenheilk., 91, 461 (1933).

TRANTAS, A.:

Moyens d'explorer par l'ophtalmoscope - et par translucidité - la partie antérieure du fond oculaire, le cercle ciliaire y compris. Arch. Ophtal., Paris, 20, 314 (1900).

UHTHOFF, W.:

Demonstration eines Refraktionsophthalmoskopes zur Bestimmung des Astigmatismus. 14. Ber. O. G. Heidelberg, 167 (Enke, Stuttgart 1882).

VELHAGEN, K.:

Die Entwicklung der Augenspiegelgeräte und der zugehörigen Verfahren. Berlin 10.12.1950, 18 (Thieme, Leipzig 1951).

VIANNA, A.:

L'autoexamen du fond de l'oeil. Ann. Oculist., 172, 936 (1935).

VOGT, A.:

Herstellung eines gelbblauen Lichtfiltrates, in welchem die Macula centralis in vivo in gelber Färbung erscheint, die Nervenfasern der Netzhaut und andere feine Einzelheiten derselben sichtbar werden, und der Grad der Gelbfärbung der Linse ophthalmoskopisch nachweisbar ist. Graefes Arch. Ophtal., 84, 193 (1913 a).

VOGT, A.:

Demonstration eines von Rot befreiten Ophthalmoskopierlichtes. 39. Ber. O. G. Heidelberg, 416 (Bergmann, Wiesbaden 1913 b).

VOGT, A.:

Beitrag zur Geschichte des rotfreien Lichtes, mit Bemerkungen zu den vermeintlichen Prioritätsansprüchen Helmholtzs "Auf die Anwendung des rotfreien Lichtes zu Untersuchungszwecken". Klin. Mbl. Augenheilk., 90, 225 (1933 a).

VOGT, A.:

Zu den Bemerkungen Thorners über seine Rotfreilampe. Klin. Mbl. Augenheilk., 90, 230 (1933 b).

WAGENAAR, J.W.:

Ein stereoskopisches Augenspiegelbild. Ned. T. Geneesk., 84, 2498 (1940).

WEGNER, W.:

Demonstrationspolyophthalmoskop. Klin. Mbl. Augenheilk., 83, 544 (1929).

WESSELY, C.:

Ein einfacher Demonstrationsaugenspiegel im umgekehrten Bild für zwei Beobachter. Arch. Augenheilk., 71, 267 (1912).

WILENKIN, M.:

Ueber eine Blende für das elektrische Ophthalmoskop von Dr. H. Wolff. Klin. Mbl. Augenheilk., 96, 820 (1936).

WOLFF, H.:

Neuer elektrischer Augenspiegel. 28. Ber. O. G. Heidelberg, 180 (Bergmann, Wiesbaden 1900).

WOLFF, H.:

Zur Photographie des menschlichen Augenhintergrundes. Knapp Arch. Augenheilk., 59, 115 (1908).

WOLFF, H.:

Demonstration eines neuen Untersuchungsinstrumentes für das menschliche Auge. 38. Ber. dtsch. O. G. Heidelberg, 348 (Bergmann, Wiesbaden 1912).

WOLFF, H.:

Endgültige Form meines reflexlosen Ophthalmoskopes.
39. Ber. O. G. Heidelberg, 397 (Bergmann, Wiesbaden
1913).

ZAMENHOF, A.:

Ein neuer Weg zur Untersuchung des Augenhintergrundes
im fokalen Licht. Graefes Arch. Ophthal., 124, 87
(1930).

ZAMENHOF, A.:

Augenspiegeluntersuchung bei fokaler und indirekter
Beleuchtung. Klin. Mbl. Augenheilk., 88, 553 (1932).

ZAMENHOF, A.:

Die Ophthalmoskopie im fokalen und indirekten Licht.
Graefes Arch. Ophthal., 129, 149 (1933).

ZEHENDER, W. v.:

Ueber die Beleuchtung des inneren Auges durch hetero-
centrische Glasspiegel. Graefes Arch. Ophthal., 2,
130 (1856).

ZANDER, A.:

Der Augenspiegel. Seine Formen und sein Gebrauch nach
den vorhandenen Quellen zusammengestellt. (Winter,
Leipzig/Heidelberg 1859).

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. W. Straub für die freundliche Überlassung des Themas meinen verbindlichsten Dank aussprechen. Seine Anregungen und sein Rat haben wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Herrn Prof. Dr. L. Welge-Lüssen danke ich für die Übernahme des Correferates.

Lebenslauf

Am 21.11.1942 wurde ich, Hans Joachim Didion, als Sohn des wissenschaftlichen Assistenten Dr. med. Hans Emil Didion und seiner Ehefrau Hildegard, geb. Struppeck, in Marburg/Lahn geboren.

Von 1949 bis 1953 besuchte ich die Volksschule in Frankenberg/Eder, dann für ein halbes Jahr das dortige Realgymnasium Edertalschule. Von 1953 bis Mitte 1960 wegen Umzugs meiner Eltern Besuch des Realgymnasiums, der späteren Freiherr-vom-Stein-Schule in Fulda. 1960 erneuter Umzug nach Frankenberg, wo ich nach Besuch der Edertalschule am 27.2.1962 das Abitur bestand.

Im Sommersemester 1962 begann ich in Marburg mit dem Medizinstudium, im Wintersemester 1966/67 studierte ich in Innsbruck, anschließend wieder in Marburg.

Das Vorphysikum bestand ich am 29.10.1963, das Physikum am 23.10.1965 und legte am 20.2.1969 in Marburg mein Staatsexamen ab.

Die anschließende Medizinalassistentenzeit absolvierte ich in Marburg und Usingen/Taunus in den Fächern Orthopädie, Augenheilkunde, Chirurgie, Innere Medizin und Gynäkologie.

Am 2.11.1970 erhielt ich die Approbation als Arzt. Seit dem 1.1.1971 arbeitete ich als Assistenzarzt in der neueröffneten Augenklinik am St. Josefs-Hospital in Hagen/Westf. unter Prof. Dr. H. Thomann. Die Facharztanerkennung wurde mir am 13.5.1975 zugesprochen. Im Frühjahr 1975 erkrankte ich und mußte deswegen im Mai 1976 aus dem Beruf ausscheiden, so daß ich z.Zt. keiner ärztlichen Tätigkeit mehr nachgehen kann.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren
und Dozenten

in Marburg:

Amon, Beckmann, Berendes, Bommer, Braun-Falco, Buchholz,
Bücher, Dimroth, Drawert, Exner, Gedigk, Hamm, Hensel,
Heuser, Hildebrandt, Hohorst, Jakob, Karlson, Knauff,
Lang, Linneweh, Löhr, Mahr, Mann, Martini, Marx, Mattes,
Du Mesnil de Rochemont, Niessing, Peters, Petry, Rohen,
Seidel, Siegert, Siess, Schirren, Schleyer, Schmid,
Schwaiger, Spiegelberg, Streicher, Walcher, Wendt,
Würterle, Zilliken,

in Innsbruck:

Berger, Braunsteiner, Ganner, Halhuber, Heinz, Kirchmair,
Konzett, Marberger, Platzgummer, Tapfer, Wunderer.

